

# FACULTAD DE INGENIERÍA



Carrera de Ingeniería Civil

## INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN CONCRETO HIDRÁULICO PARA UN PAVIMENTO RÍGIDO, TRUJILLO 2020

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERO CIVIL

Autores:

Davila Tantalean, Jhorson Salvador

Tirado Teatino, Jan Marco

Asesor:

Ing. Alberto Rubén Vásquez Díaz

Trujillo - Perú

2020

## **DEDICATORIA**

### **JHORSON DAVILA**

A mis padres Salvador y Pilar, por su inmenso amor, trabajo y sacrificio durante todos estos años, por brindarme la mejor educación con valores y por enseñarme que el que persevera triunfa.

A mis hermanos Xamir y Eduardo, por brindarme su apoyo incondicional y por ser un ejemplo para mí.

A mi novia Tatiana por brindarme su cariño y comprensión, por ayudarme a ser mejor persona cada día.

### **JAN TIRADO**

A mi padre Rodolfo y mi madre Rosario: Por darme la vida, quererme mucho, creer en mí, por hacer de mí una persona de bien y por apoyarme siempre. Gracias mamá, gracias papá por todo el esfuerzo que hicieron para darme una carrera para mi futuro, todo esto se los debo a ustedes.

De igual forma les dedico a todos mis familiares y amigos.

## AGRADECIMIENTO

A Dios por darnos la sabiduría y llevarnos por el camino del bien, para así poder lograr nuestros objetivos y metas.

A nuestros padres que nos apoyaron en todo momento para que este proyecto se lleve a cabo.

A nuestro asesor de tesis Ing. Alberto Rubén Vásquez Díaz, por las enseñanzas y experiencias transmitidas.

A la universidad Privada del Norte y todos los docentes por brindarnos una excelente formación académica, ética y moral que nos acompañará a lo largo de nuestra vida profesional.

## TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA .....	2
AGRADECIMIENTO .....	3
ÍNDICE DE TABLAS .....	6
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	8
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	10
RESUMEN.....	11
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....	12
1.1. Realidad problemática.....	13
1.2. Formulación del problema.....	19
1.3. Objetivos.....	19
1.3.1. Objetivo general.....	19
1.3.2. Objetivos específicos .....	19
1.4. Hipótesis .....	20
1.4.1. Hipótesis general.....	20
1.4.2. Hipótesis específica .....	21
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA .....	24
2.1. Tipos de investigación .....	25
2.1.1. Según el Propósito.....	25
2.1.2. Según el Diseño.....	25
2.1.3. Según el Nivel.....	25
2.2. Variables .....	26
2.2.1. Definición de Variables.....	26
2.2.2. Operacionalización de Variables .....	27
2.3. Diseño de investigación .....	28
2.3.1. Unidad de Estudio.....	28
2.3.2. Muestreo.....	28
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos.....	31
2.4.1. Técnicas de recolección de datos.....	31
2.4.2. Instrumento de recolección .....	31
2.4.3. Técnica de análisis de datos .....	32
2.5. Procedimiento.....	33
2.5.1. Características del Concreto. ....	34
2.6. Aspectos Éticos. ....	53
CAPÍTULO III. RESULTADOS .....	54

3.1.	Ceniza de Cascarilla de Arroz (CCA).....	55
3.2.	Análisis Granulométrico del agregado fino (ASTM C136).....	56
3.3.	Análisis Granulométrico del agregado grueso (ASTM C136).....	59
3.4.	Peso específico y Porcentaje de Absorción del agregado fino (ASTM C128).....	62
3.5.	Peso específico y Porcentaje de Absorción del agregado grueso (ASTM C127).....	62
3.6.	Peso unitario suelto y compactado del agregado fino y grueso (ASTM C 29). ....	63
3.7.	Contenido de humedad del agregado fino y grueso (ASTM C 566). ....	65
3.8.	Diseño de Mezcla: .....	66
3.9.	Resistencia a la Compresión:.....	67
3.10.	Profundidad de penetración de agua bajo presión (Norma UNE-EN 12390-8:2009): .....	73
3.11.	Velocidad de succión capilar .....	75
3.12.	Comparación de costos de la probeta patrón (0% CCA) y la probeta con (15% CCA).....	82
3.13.	Análisis Estadístico.....	84
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....		90
4.1.	Discusión.....	91
4.2.	Conclusiones. ....	93
REFERENCIAS.....		94
CAPÍTULO V. ANEXOS.....		96

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Hipótesis General	20
Tabla 2: Hipótesis Específica 01	21
Tabla 3: Hipótesis Específica 02	22
Tabla 4: Hipótesis Específica 03	23
Tabla 5: Clasificación de Variables	26
Tabla 6: Operacionalización de Variables.	27
Tabla 7: Cuadro estadístico de resistencia a la compresión.	29
Tabla 8: Cuadro Estadístico.	30
Tabla 9: Población Muestral.	30
Tabla 10: Granulometría de Agregado Fino.	34
Tabla 11: Granulometría de Agregado Grueso.	35
Tabla 12: Peso específico y porcentaje de Absorción de agregado fino.	38
Tabla 13: Peso específico y porcentaje de Absorción del agregado grueso.	40
Tabla 14: Composición Química de la CCA.	41
Tabla 15: Peso Específico de (CCA).	42
Tabla 16: Peso Unitario suelto de agregados.	44
Tabla 17: Peso Unitario Compactado de agregados.	44
Tabla 18: Contenido de Humedad de los agregados.	46
Tabla 19: Propiedades físicas de insumos para el concreto.	47
Tabla 20: Dosificación para elaboración de concreto.	47
Tabla 21: Resistencia a la compresión patrón.	50
Tabla 22: Resultado peso específico (CCA).	55
Tabla 23: Resultados de análisis granulométrico de agregado fino 01.	56
Tabla 24: Resultados de análisis granulométrico de agregado fino 02.	57
Tabla 25: Resultados de análisis granulométrico de agregado fino 03.	58
Tabla 26: Resultados de análisis granulométrico de agregado grueso 01.	59
Tabla 27: Resultados de análisis granulométrico de agregado grueso 02.	60
Tabla 28: Resultados de análisis granulométrico de agregado grueso 03.	61
Tabla 29: Resultados de peso específico y porcentaje de absorción de agregado fino.	62
Tabla 30: Resultados de peso específico y porcentaje de absorción de agregado grueso.	62
Tabla 31: Resultado de peso unitario suelto de agregado fino.	63
Tabla 32: Resultado de peso unitario compactado de agregado fino.	63

Tabla 33: Resultado de peso unitario suelto del agregado grueso.	64
Tabla 34: Resultado de peso unitario compactado del agregado grueso.	64
Tabla 35: Resultados de contenido de humedad del agregado fino.	65
Tabla 36: Resultados de contenido de humedad del agregado grueso.	65
Tabla 37: Resultados de las propiedades de los insumos para el concreto	66
Tabla 38: resultados de la dosificación en kilogramos para el concreto.	66
Tabla 39: Resistencia a la Compresión Patrón	67
Tabla 40: Resistencia a la Compresión al 5% CCA	68
Tabla 41: Resistencia a la Compresión al 10% CCA	69
Tabla 42: Resistencia a la compresión 15% CCA.	70
Tabla 43: Resistencia a la Compresión promedio a 14 días	71
Tabla 44: Resistencia a la Compresión a los 28 días.	71
Tabla 45: Resistencia a la Compresión a los 56 días	72
Tabla 46: Resultados de ensayo de profundidad de penetración por agua bajo presión.	73
Tabla 47: Profundidad máxima y media de penetración según clase de exposición ambiental.	73
Tabla 48: Capacidad de succión capilar probetas "A".	75
Tabla 49: Resumen de velocidad y succión capilar de las probetas "A".	76
Tabla 50: Capacidad de succión capilar probetas "B".	77
Tabla 51: Resumen de velocidad y capacidad de succión capilar de las probetas "B".	78
Tabla 52: Capacidad de succión capilar probetas "C".	78
Tabla 53: Resumen de velocidad y capacidad de succión capilar de las probetas "C".	79
Tabla 54: Capacidad de succión capilar probetas "D".	80
Tabla 55: Resumen de velocidad y capacidad de succión capilar de las probetas "D".	81
Tabla 56: Promedio de velocidad y capacidad de succión capilar	81
Tabla 57: Costos de material cementante sin CCA	82
Tabla 58: Costo de material cementante con el 15% de CCA	83
Tabla 59: Costo de material cementante con 15% de CCA	83
Tabla 60: Prueba de Normalidad para 14 días	84
Tabla 61: Prueba de Normalidad para 28 días	85
Tabla 62: Prueba de Normalidad para 56 días	85
Tabla 63: Prueba de Homogeneidad de la Varianza para 14 días	86
Tabla 64: Prueba de Homogeneidad de la Varianza para 28 días	87
Tabla 65: Prueba de Homogeneidad de la Varianza para 56 días	87
Tabla 66: Análisis de Varianza a 14 días	88
Tabla 67: Análisis de Varianza a 28 días	88
Tabla 68: Análisis de Varianza a 56 días	89

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Muestra de las diferentes secciones transversales: a) Circular, b) Cuadrada, c) Rectangular	52
Ilustración 2: Posicionamiento en las bandejas de las probetas ensayadas	75
Ilustración 3: Análisis Químico de la Ceniza de Cascarilla de Arroz	97
Ilustración 4: Agregados grueso y fino.	98
Ilustración 5: Ceniza de cascarilla de arroz.	98
Ilustración 6: Análisis granulométrico de los materiales.	99
Ilustración 7: Peso unitario suelto y compactado del agregado fino.	99
Ilustración 8: Peso específico y Porcentaje de Absorción del agregado grueso, fino y CCA.	100
Ilustración 9: Preparación de mezcla	100
Ilustración 10: Ensayo slump	101
Ilustración 11: Llenado y vibrado de las probetas cilíndricas y cubicas.	101
Ilustración 12: Ensayo velocidad de succión capilar.	102
Ilustración 13: Cortado de probetas cilíndricas para ensayo de profundidad de penetración.	102
Ilustración 14: Ensayo de penetración por agua	103
Ilustración 15: Ensayo de resistencia a la compresión	104
Ilustración 16: Ensayo de resistencia a la compresión	105
Ilustración 17: Ensayo de resistencia a la compresión	106
Ilustración 18: Ensayo de resistencia a la compresión	107
Ilustración 19: Ensayo de resistencia a la compresión	108
Ilustración 20: Ensayo de resistencia a la compresión	109
Ilustración 21: Ensayo de resistencia a la compresión	110
Ilustración 22: Ensayo de resistencia a la compresión	111
Ilustración 23: Análisis Granulométrico Agregado Fino de la muestra 01	112
Ilustración 24: Análisis Granulométrico Agregado Fino de la muestra 02	112
Ilustración 25: Análisis Granulométrico Agregado Fino de la muestra 03	112
Ilustración 26: Análisis Granulométrico de Agregado Grueso de Muestra 01	112
Ilustración 27: Análisis Granulométrico de Agregado Grueso de Muestra 02	112
Ilustración 28: Análisis Granulométrico de Agregado Grueso de Muestra 03	112
Ilustración 29: Peso Específico y Porcentaje de Absorción Agregado Fino	112
Ilustración 30: Peso Específico y Porcentaje de Absorción Agregado Grueso	112
Ilustración 31: Peso Unitario Suelto y Compactado de Agregado Grueso	112
Ilustración 32: Peso Unitario Suelto y Compactado de Agregado Fino	112

Ilustración 33: Contenido de Humedad de Agregado Fino y Grueso	112
Ilustración 34: Peso Específico de la Ceniza de Cascarilla Arroz	112
Ilustración 35: Lecturas del Compresómetro Patrón	112
Ilustración 36: Grafico Resistencia la Compresión Patrón	112
Ilustración 37: Lecturas del Compresómetro 5%	112
Ilustración 38: Grafico Resistencia la Compresión 5% CCA	112
Ilustración 39: Lecturas del Compresómetro 10 % CCA	112
Ilustración 40: Grafico Resistencia la Compresión 10% CCA	112
Ilustración 41: Lecturas del Compresómetro 15 % CCA	112
Ilustración 42: Grafico Resistencia la Compresión 15% CCA	112
Ilustración 43: Resistencia a la compresión Promedio	112
Ilustración 44: Grafica de resistencia a la compresión promedio	112
Ilustración 45: Capacidad de Succión Capilar A	112
Ilustración 46: Capacidad de Succión Capilar B	112
Ilustración 47: Capacidad de Succión Capilar C	112
Ilustración 48: Capacidad de Succión Capilar D	112
Ilustración 49: Velocidad de Succión Capilar	112
Ilustración 50: Promedio de Capacidad y Velocidad de Sección Capilar	112
Ilustración 51: Ensayo de Succión Capilar	112
Ilustración 52: Ensayo de Profundidad de Penetración	112
Ilustración 53: Grafico de Profundidad de Penetración	112

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Muestreo	28
Ecuación 2: Módulo de finura	34
Ecuación 3: Peso específico agregado fino	37
Ecuación 4: Porcentaje de absorción agregado fino	37
Ecuación 5: Peso específico agregado grueso	39
Ecuación 6: Porcentaje de absorción del agregado grueso	39
Ecuación 7: Peso específico de CCA	42
Ecuación 8: Peso unitario suelto	43
Ecuación 9: Peso unitario compactado	44
Ecuación 10: Contenido de humedad	45
Ecuación 11: Incremento de masa por unidad de área de sección	52

## RESUMEN

El presente proyecto de investigación que se realizó en la Universidad Privada del Norte de Trujillo, sede San Isidro, tuvo como finalidad estudiar la influencia de la adición de Ceniza de Cascarilla de Arroz (CCA) en las propiedades mecánicas del concreto, con el fin de obtener resultados positivos que ayuden a comprender la influencia de dicha puzolana artificial en el concreto y así lograr la optimización de costos.

Para realizar dicha investigación se emplearon diferentes porcentajes de CCA (5%, 10% y 15%) añadidos al concreto, los cuales fueron estudiados bajo una serie de ensayos estandarizados y normados, entre ellos están el ensayo de resistencia a la compresión (NTP 339.034), velocidad de succión capilar (IRAM 1871) y Profundidad de penetración de agua bajo presión (Norma UNE-EN 12390-8:2009).

Los resultados finales del presente proyecto fueron que la utilización de la ceniza de cascarilla de arroz (CCA) mejora la resistencia a la Compresión del diseño al 15% (CCA) a la edad de 56 días en 320.11 kg/cm<sup>2</sup> respecto al diseño patrón, además se encontró que la velocidad de succión capilar del diseño al 5%, 10% y 15% de CCA fue de 1.18 [g/(m<sup>2</sup>.s<sup>1/2</sup>)], 1.05 [g/(m<sup>2</sup>.s<sup>1/2</sup>)] y 0.96 [g/(m<sup>2</sup>.s<sup>1/2</sup>)] respectivamente. También se encontró que los diseños de 5%, 10%, 15% de CCA no cumple con la profundidad media y profundidad máxima especificada en la norma EHE-08.

**Palabras clave:** Puzolana, Artificial, Ceniza de cascarilla de arroz, CCA, propiedades mecánicas, concreto, NTP, resistencia a la compresión, succión capilar, profundidad de penetración.

# CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

## 1.1. Realidad problemática

**La Tecnología del Concreto** es un campo de la Ingeniería Civil el cual abarca varios tipos de conocimientos orientados hacia la aplicación técnica, práctica y eficiente del concreto en la construcción. Para su desarrollo y su utilización de dicho campo intervienen distintos tipos de ciencia que se interrelacionan, como la Física, la Química, las Matemáticas y la investigación experimental. (Quiroz & Salamanca, 2006)

En **Bolivia** la Facultad de Ciencia y Tecnología de la Carrera de Ingeniería Civil de la Universidad San Simón en el libro “Apoyo didáctico para la enseñanza y aprendizaje en la asignatura de Tecnología del Hormigón” nos habla principalmente sobre **las propiedades mecánicas** en especial de la resistencias del concreto, ya sea compresión, tracción y corte, además también sobre sus propiedades, como son el módulo de elasticidad y la relación de Poisson, y estos son usados por el proyectista para diseñar las estructuras. Además que se recibe la influencia de los tipos y las cantidades de los materiales que conforman el concreto. Por esto se deben realizar métodos de verificación de la calidad de Concreto. (Quiroz & Salamanca, 2006)

En **Chile** se realizó un estudio llamado “Propiedades Físicas y Mecánicas de Bloques de Hormigón Compuestas con Áridos Reciclados”, donde se muestra una técnica desarrollada para la producción de concreto con áridos reciclados para mejorar **las propiedades mecánicas**, donde las pruebas realizadas en laboratorios, muestran que la resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días cumplieron con la resistencia exigida por la normativa NCh 181 of 67, también demostrando que el promedio de resistencia obtenida a la compresión debe ser superior a los 45 Kg/cm<sup>2</sup> para el promedio de las 5 muestras a los 28 días. (Valdés & Rapimán, 2007)

En **Venezuela** se realizó un estudio titulado “Análisis comparativo de resistencia a compresión de bloques huecos de concreto con la adición de fibra de polopropileno” donde se determinó varios diseños de mezcla que fueron utilizados en la fabricación de 18 probetas de concreto, los cuales fueron elaborados utilizando una máquina vibro-compactadora. Luego de aplicar los procesos de curado y secado, se calculó la influencia que tuvo en **las propiedades mecánicas**, por las cuales fueron sometidos a compresión, lo cual los ensayos arrojaron un resultado de 17 kg/cm<sup>2</sup> para los tradicionales y 20 kg/cm<sup>2</sup> para los experimentales con fibras de polipropileno. (Acosta, 2014)

En **Perú** se realizó una investigación titulada “Comparación de la Trabajabilidad y Resistencia a la compresión del Concreto Adicionado con Extracto de Sábila”, donde se empleó cemento Portland Tipo I y agregados de la cantera Rio Seco-Huarmey. Se hicieron 48 probetas de concreto la cual se adicionó 0%, 0.25%, 0.75% y 1.0% de aditivo natural extracto de sábila deshidratado para mejorar **las propiedades mecánicas**, luego de haber sido curadas en el periodo de 3, 7, 14 y 28 días se sometieron a la compresión la arrojó un resultado que las muestras de 0.25% disminuyen la resistencia a la compresión, a la edad de 28 días en un 17.07%. (Risco, 2016)

En **Trujillo** en una tesis titulada “Comportamiento del Aserrín sobre la Resistencia a la Compresión, Absorción, Densidad y Asentamiento del concreto para Bloques en la construcción”, se investigó sobre el comportamiento del aserrín en bloques de concreto sobre sus **propiedades mecánicas** en especial su resistencia a la compresión, asentamiento, absorción y densidad, por lo cual se sustituyó agregado fino por aserrín al 0%, 10%, 20%, 40% y al 50% para cada diseño de mezcla, y además el concreto fue diseñado para 70 kg/m<sup>2</sup> con cemento Portland Compuesto Tipo ICo de la cementera Pacasmayo y los agregados de la cantera “Los Mellizos” del distrito de Huanchaco, con una relación agua/cemento de 0.90 y aserrín. (Sánchez, 2017)

Norma E.070 (2009) nos dice que la **propiedad mecánica**, resistencia característica a compresión:  $f'_b$  mínimo en MPa (Kg/cm<sup>2</sup>) sobre el área bruta para bloques usado en la construcción de muros portantes es de 4.9 MPa (50 Kg/cm<sup>2</sup>) y para los bloques usados en la construcción de muros no portantes es de 2,0 Mpa (20 Kg/cm<sup>2</sup>).

Montero Trujillo (2017) en su tesis titulada “Uso de la ceniza de cascarilla de arroz como reemplazo parcial del cemento en la fabricación de hormigones convencionales en el Ecuador” encontró que la sustitución de un 10% de ceniza de cascarilla de arroz en la dosificación de un hormigón convencional obtuvo las mejores prestaciones en resistencia a los 28 días de curado puesto que generó un aumento del 16% en la resistencia a la compresión con respecto a la mezcla control.

Muñoz Solano (2017) en su tesis titulada “Estudio comparativo de concreto elaborado con puzolana natural y concreto con cementos puzolanicos Atlas en la ciudad de Huancayo” concluyó que la adición de puzolana natural en 20% aporta en la evaluación del comportamiento del concreto en estado endurecido, así logrando frente al patrón para la relaciones  $a/c = 0.40, 0.50, 0.60$ : incrementar la resistencia a la compresión axial a los 28 días de 408.09 kg/cm<sup>2</sup> a 420.52 kg/cm<sup>2</sup>, 320.30 kg/cm<sup>2</sup> a 345.75 kg/cm<sup>2</sup> y 245.68 kg/cm<sup>2</sup> a 275.45 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente; además a los 90 días logró incrementar la resistecia hasta 540 kg/cm<sup>2</sup> de 528.15 kg/cm<sup>2</sup>, 455.31 kg/cm<sup>2</sup> de 418.64 kg/cm<sup>2</sup> y 341.06 kg/cm<sup>2</sup> de 329.82 kg/cm<sup>2</sup> respectiamente.

Beltrán & Ccama (2017) en su tesis “Análisis Comparativo de concretos adicionados con puzolanas artificiales de ceniza de cascarilla de arroz (CCA), fly ash y puzolana natural” encontraron que el porcentaje óptimo de CCA es el 20%, con este porcentaje la resistencia a la compresion supera al diseño patron en un 4.05% a una edad de 60 dias, ademas encontraron que al elaborar un concreto con 20% de CCA se ahorra un 8.45% con respecto a su diseño patrón.

Terreros & Carvajal (2016) en su investigación “Análisis de las Propiedades Mecánicas de un Concreto Convencional Adicionando Fibra de Cañaño” encontraron que las **propiedades mecánicas** especialmente la resistencia a la compresión esperada a los 28 días. En los primeros 7 días el concreto con fibra de cañaño superó la resistencia del concreto normal con un 78.75% de la resistencia esperada y con una diferencia promedio entre los dos concretos de 120 psi; a los 14 días la tendencia se mantuvo, el concreto con fibra de cañaño soportó mayor carga axial y a los 28 días el concreto con fibra presentó una tendencia totalmente diferente, pues se esperaba que este superara la resistencia de 4000 psi, donde iguala la resistencia alcanzada del concreto normal, donde el concreto normal llegó con una resistencia de 100.34% y el concreto con fibra llegó a un 100.49%, frente a la resistencia calculada en el diseño de mezcla.

Caballero & Florez (2016) encontraron que las **propiedades mecánicas de los bloques** adicionados con Polietileno-Tereftalato (PET) triturado en diferente proporciones a través de ensayos normalizados, se pudo determinar que los bloques fabricados no cumplieron con la resistencia mínima requerida por las Normas Técnicas Colombianas debido a que estos valores fueron menores que los 5Mpa establecidos como mínimo por la norma lo cual ayuda a concluir que estos bloques no pueden ser utilizados para la mampostería estructural pero si pueden ser utilizados para la construcción de muros divisorios no portantes.

Mattey, Robayo, Díaz, Delvasto, & Monzó (2015) en su investigación titulada “Aplicación de ceniza de cascarilla de arroz obtenida de un proceso agro-industrial para la fabricación de bloques en concreto no estructurales” demostraron la viabilidad desde el punto de vista mecánico, de producir bloques no estructurales empleando ceniza de cascarilla de arroz como reemplazo parcial del agregado fino, realizando un reemplazo de hasta un 20%, logrando valores de resistencia superiores a la mezcla patrón. Además se encontró que el proceso de mezclado en dos etapas mejora aún más la resistencia mecánica de este tipo de concretos, ya que genera incrementos de alrededor del 10% en la resistencia a la compresión, en relación a la muestra patrón.

Bustamante Romero (2017) En su tesis titulada: “Estudio de la correlación entre la relación agua/cemento y la permeabilidad al agua de concretos usuales en Perú” Concluye que a menor relación a/c (0.45, 0.50, 0.60, 0.70) menor profundidad de penetración de agua bajo presión, por tanto, menor permeabilidad del concreto al agua.

Mariluz Pajuelo & Ulloa Ponce (2018) en su tesis titulada “Uso de las cenizas volantes de carbón exedentes de la central termoeléctrica Ilo21 – Moquegua como adición para mejorar las propiedades del concreto: resistencia a la compresión, absorción, manejabilidad y temperatura” Concluye que la adición de ceniza volante de carbón en 5, 10, 15% mejora el desarrollo de la resistencia a la compresión a los 28 días de curado, siendo el más favorable el 10%, además también concluye que la velocidad de succión capilar disminuye con el aumento de la adición de ceniza volante de carbón 5, 10 y 15%, haciendo al concreto más impermeable y por lo tanto durable.

Sobre los estudios revisados anteriormente podemos deducir que al adherir una sustancia al diseño de concreto cambiaremos relativamente sus **propiedades mecánicas**, estas sustancias pueden favorecer o desfavorecer a las propiedades del concreto, ya sea resistencia a la compresión, velocidad de succión capilar o profundidad de penetración por agua. También creemos que debemos tener en cuenta el costo de fabricación, puede que favorezca en las propiedades mecánicas del concreto hidráulico para pavimentos rígidos, pero puede que el costo de fabricación sea más elevado, de ahí el afán de realizar un estudio para verificar la influencia de puzolana artificial en las propiedades mecánicas, de un concreto portland para pavimentos rígidos.

**MP Recicla S.A.P.** Ha realizado un trabajo que consiste en reciclar los desmontes y convertirlos en agregados reciclados como agregado grueso, agregado fino y confitillo (alternativas a los agregados naturales) que se mezclan con agua, cemento y otros aditivos para conseguir: bloque de concreto para ladrillos, adoquines y bloques de concreto para muro y todos los materiales cumplen con los requisitos de la NTP. (CICLO, 2018)

**ECOSUR** ha producido una mezcla de materiales conocidos como puzolana y el hidrato de cal finamente molidos (CP-40). Este aglomerante tiene baja resistencia mecánica y su fraguado es más lento que del cemento portland convencional. Es por eso que puede ser considerado como un cemento para aplicaciones de albañilería. (ECOSUR, 2019)

En el Perú, el agrietamiento, el temprano deterioro y desgaste de las calles y carreteras de los centros urbanos con pavimento flexible, supone un enorme gasto en mantenimiento, para corregir este problema se pretende utilizar puzolana artificial (arcilla cocida, ceniza de combustible pulverizado, escoria de altos hornos granulada y molida, ceniza de cascara de arroz, etc.) para la fabricación de concreto hidráulico para pavimentos rígidos más económicos.

Actualmente las empresas tienen un interés en la búsqueda de materiales cementantes que permiten mejorar las **propiedades mecánicas**. La puzolana artificial es un material que tiene alta concentración de sílices, lo cual es importante para la fabricación de concreto, brinda ventajas técnicas, económicas y ambientales, es por esto que este material puede remplazar al cemento en un porcentaje.

Es por ello que la presente investigación está orientada al estudio de la influencia de la **PUZOLANA ARTIFICIAL (ceniza de cascarilla de arroz)** en concreto hidráulico para pavimentos rígidos, se quiere verificar que al fabricar probetas de concreto con puzolana artificial (arcilla cocida, ceniza de combustible pulverizado, escoria de altos hornos granulada y molida, ceniza de cascara de arroz, etc.) influya positivamente en las propiedades mecánicas como son resistencia a la compresión, velocidad de succión capilar y profundidad de penetración por agua de dichas probetas de concreto.

En el caso que no influyese de manera positiva se concluirá que no es recomendable el uso de puzolanas artificiales para la fabricación de probetas de concreto.

## 1.2. Formulación del problema

¿Cuál es la influencia de la adición de ceniza de cascarilla de arroz en las propiedades mecánicas de un concreto hidráulico para pavimento rígido, Trujillo 2020?

## 1.3. Objetivos

### 1.3.1. Objetivo general

Determinar la influencia de la adición de ceniza de cascarilla de arroz en las propiedades mecánicas de un concreto hidráulico para pavimento rígido, Trujillo 2020.

### 1.3.2. Objetivos específicos

- ✓ Evaluar la resistencia a la compresión (NTP 339.034), Profundidad de penetración de agua bajo presión (Norma UNE-EN 12390-8:2009) y velocidad de succión capilar (IRAM 1871) de un concreto hidráulico sin la adición de ceniza de cascarilla de arroz.
- ✓ Evaluar la resistencia a la compresión (NTP 339.034), Profundidad de penetración de agua bajo presión (Norma UNE-EN 12390-8:2009) y velocidad de succión capilar (IRAM 1871) de un concreto hidráulico con la adición de ceniza de cascarilla de arroz en porcentaje de 5%, 10% y 15%.
- ✓ Evaluar y comparar los resultados obtenidos de los especímenes de concreto con y sin ceniza de cascarilla de arroz, además comparar los costos de producción para el porcentaje óptimo de CCA realizadas en esta investigación.

## 1.4. Hipótesis

### 1.4.1. Hipótesis general

*Tabla 1: Hipótesis General*

<b>HIPÓTESIS GENRAL</b>	<b>COPONENTES METODOLÓGICOS</b>			<b>COPONENTES REFERENCIALES</b>	
La utilización de ceniza de cascarilla de arroz, influye positivamente en las propiedades mecánicas. De acuerdo al diseño de mezcla propuesto para la elaboración de probetas de concreto utilizando Cemento Portland en el Laboratorio de Concreto de la Universidad Privada del Norte sede San Isidro de la ciudad de Trujillo, departamento de la Libertad.	<b>Variables</b>	<b>Unidad de análisis</b>	<b>Conectores lógicos</b>	<b>El espacio</b>	<b>El tiempo</b>
	1. Propiedades mecánicas	Probetas de concreto	Influencia	La ciudad de Trujillo	2020
	2. Ceniza de Cascarilla de arroz				

#### 1.4.2. Hipótesis específica

*Tabla 2: Hipótesis Específica 01*

<b>HIPÓTESIS ESPECÍFICA</b>	<b>COPONENTES METODOLÓGICOS</b>	<b>COPONENTES REFERENCIAL</b>
<b>01</b>		<b>ES</b>
La utilización de ceniza de cascarilla de arroz en un 5% influye muy poco en las propiedades mecánicas (resistencia a la compresión, velocidad de succión capilar y profundidad de penetración por agua bajo presión) del concreto para pavimentos rígidos.	<b>variables</b> 1. Propiedades mecánicas 2. Ceniza de Cascarilla de arroz	<b>Unidad de análisis</b> Probetas de concreto <b>Conectores lógicos</b> Influencia El espacio tiempo La ciudad de Trujillo 2020

*Tabla 3: Hipótesis Específica 02*

<b>HIPÓTESIS ESPECÍFICA 02</b>	<b>COPONENTES METODOLÓGICOS</b>			<b>COPONENTES REFERENCIALES</b>	
La utilización de ceniza de cascarilla de arroz en un 10% influye medianamente en las propiedades mecánicas (resistencia a la compresión, velocidad de succión capilar y profundidad de penetración por agua bajo presión) del concreto para pavimentos rígidos.	<b>Variables</b>	<b>Unidad de análisis</b>	<b>Conectores lógicos</b>	<b>El espacio</b>	<b>El tiempo</b>
	1. Propiedades mecánicas	Probetas de concreto	Influencia	La ciudad de Trujillo	2020
	2. Ceniza de Cascarilla de arroz				

*Tabla 4: Hipótesis Específica 03*

<b>HIPÓTESIS ESPECÍFICA 03</b>	<b>COPONENTES METODOLÓGICOS</b>		<b>COPONENTES REFERENCIALES</b>		
La utilización de ceniza de cascarilla de arroz en un 15% influye significativamente en las propiedades mecánicas (resistencia a la compresión, velocidad de succión capilar y profundidad de penetración por agua bajo presión) del concreto para pavimentos rígidos.	<b>variables</b>	<b>Unidad de análisis</b>	<b>Conectores lógicos</b>	<b>El espacio</b>	<b>El tiempo</b>
	1. Propiedades mecánicas	Probetas de concreto	Influencia	La ciudad de Trujillo	2020
	2. Ceniza de Cascarilla de arroz				

# CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

## **2.1. Tipos de investigación**

### **2.1.1. Según el Propósito**

Investigación Aplicada, porque en la presente investigación se aplicará la adición de ceniza de cascarilla de arroz en los porcentajes de 5%, 10% y 15% en la mezcla de concreto con el fin de modificar las propiedades mecánicas de este y saber su influencia que puede tener en su aplicación.

### **2.1.2. Según el Diseño**

Investigación Experimental, porque se manipula de manera intencional la variable independiente para analizar los efectos sobre las variables dependientes y esta investigación se basa en el uso de la ceniza de cascarilla de arroz y se verificara si el concreto afectará sus propiedades mecánicas ya sea de manera favorable o desfavorable especialmente en la resistencia a la compresión velocidad de succión capilar y profundidad de penetración por agua de dichas probetas de concreto.

### **2.1.3. Según el Nivel**

Investigación concluyente explicativa porque busca el porqué de los sucesos estableciendo así la relación de causa-efecto. Además, cuando la investigación se ocupa en la determinación de la causa es una investigación post facto, de los efectos es una investigación experimental, por medio de la prueba de hipótesis.

## 2.2. Variables

### 2.2.1. Definición de Variables

Variable 1: VD: Propiedades Mecánicas:

Las propiedades mecánicas del concreto, son las características que describe el concreto en estado sólido. Las cuales son la resistencia a la compresión, velocidad de succión capilar y profundidad de penetración por agua bajo presión, entre otras. (Torres Búa, 2014)

Variable 2: VI: Puzolana Artificial (Ceniza de cascarilla de arroz):

Las puzolanas artificiales, son partículas del resultado de diversos procesos industriales y agrícolas, generalmente como productos, estos pueden ser: La arcilla cocida, cenizas de combustible pulverizado, escoria de altos hornos granulada y molida y la ceniza de cascara de arroz. (Roland & Mukerji, 1993).

*Tabla 5: Clasificación de Variables*

VARIABLES	CLASIFICACIÓN				
	Relación	Naturaleza	Escala de Medición	Dimensión	Forma de Medición
<b>Propiedades Mecánicas</b>	Dependiente	Cuantitativa continua	Razón	Unidimensional	Directa
<b>Ceniza de Cascarilla de Arroz</b>	Independiente	Cuantitativa continua	Razón	Unidimensional	Directa

## 2.2.2. Operacionalización de Variables

Tabla 6: Operacionalización de Variables.

Variable	Definición conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Ítems	
<b>Propiedades Mecánicas</b>	Las propiedades mecánicas del concreto, son las características que describe el concreto en estado sólido. Las cuales son la resistencia a la compresión, velocidad de succión capilar, profundidad de penetración por agua por presión, entre otras.	Se determinará las propiedades de los agregados, como contenido de humedad, granulometría, peso específico, etc, Para luego se elaborará probetas de concreto los cuales se determinaran las propiedades mecánicas.	Resistencia a la compresión  Velocidad de succión capilar  Profundidad de Penetración por agua bajo presión	(NTP 339.034)  (IRAM 1871)  ( UNE-EN 12390-8)	$- R_c = \frac{P}{A}$ -P: Carga aplicada al bloque de concreto. -A: Área de la cara sometida a la compresión del probetas de concreto. Cantidad de agua absorbida por unidad de área y la velocidad de sección capilar Exposición IIIa, IIIb, IV, Qa, E, H, F, b	Max Min 50mm 30mm

### 2.3. Diseño de investigación

El diseño de la presente investigación es de carácter experimental porque al utilizarse la puzolana artificial como aditivo en la mezcla de concreto se va a modificar las propiedades mecánicas de este. De igual manera se considera que la investigación es de tipo experimental puro porque se está cumpliendo con las condiciones de aleatoriedad, repetición y control, por el cual se formará muestras patrones las cuales serán comparadas con las muestras alteradas con su respectivo porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz 5%, 10% y 15%.

#### 2.3.1. Unidad de Estudio

Una probeta de concreto hidráulico con adición de ceniza de cascarilla de arroz

##### **Población**

Todas las probetas de concreto evaluadas en el laboratorio de concreto de la Universidad Privada del Norte, Trujillo 2020.

#### 2.3.2. Muestreo

La muestra de la presente investigación se obtuvo con la siguiente fórmula:

$$n_0 = \frac{Z^2 S^2}{E^2}$$

*Ecuación 1: Muestreo*

- $n_0$  = Tamaño de la muestra.
- $Z$  = Valor en base a nivel de confianza.
- $S$  = Desviación estándar de la variable de estudio.
- $E$  = Error típico.

Antes de los cálculos, debemos saber:

$Z$  = La confianza es el porcentaje de seguridad que existe para generalizar los resultados obtenidos. Para evitar un costo muy alto para el estudio busca un porcentaje de confianza menor al 100%, y por eso es común en las investigaciones encontrar entre el 90% a 95%. Según los porcentajes de seguridad el coeficiente  $Z$  varía en:

- Si la seguridad Z fuese del 90% el coeficiente sería 1.645
- Si la seguridad Z fuese del 95% el coeficiente sería 1.96
- Si la seguridad Z fuese del 97.5% el coeficiente sería 2.24
- Si la seguridad Z fuese del 99% el coeficiente sería 2.576

S y E: Se ha tomado de una referencia.

Beltrán & Ccama (2017) en su tesis “Análisis Comparativo De Concretos Adicionados Con Puzolanas Artificiales De Ceniza De Cascarilla De Arroz (Cca), Fly Ash Y Puzolana Natural” encontraron los siguientes resultados de resistencia a la compresion.

*Tabla 7: Cuadro estadístico de resistencia a la compresión.*

<b>EDAD (DIAS)</b>	<b>RESISTENCIA (Kg/cm2)</b>	<b>Promedio Kg/cm2</b>	<b>Desviación estándar (Kg/cm2)</b>	<b>Coefficiente de Variación (%)</b>
1	346.92	342.71	3.04	0.89
	340.95			
	339.64			
	341.23			
	344.83			
7	736.78	728.57	8.07	1.11
	734.8			
	717.98			
	722.47			
	730.81			
28	827.83	826.17	1.81	0.22
	826.29			
	823.14			
	827.26			
	826.31			
56	834.91	833.04	4.56	0.55
	833.16			
	826.34			
	838.85			
	831.93			

Fuente: TESIS “Análisis Comparativo De Concretos Adicionados Con Puzolanas Artificiales De Ceniza De Cascarilla De Arroz (Cca), Fly Ash Y Puzolana Natural”

Tabla 8: Cuadro Estadístico.

<i>Edad 28 días</i>		<i>Edad 56 días</i>	
<b>Media</b>	826.166	<b>Media</b>	833.038
<b>Error típico</b>	0.811126377	<b>Error típico</b>	2.04192899
<b>Mediana</b>	826.31	<b>Mediana</b>	833.16
<b>Moda</b>	#N/A	<b>Moda</b>	#N/A
<b>Desviación estándar</b>	1.813733718	<b>Desviación estándar</b>	4.56589203
<b>Varianza de la muestra</b>	3.28963	<b>Varianza de la muestra</b>	20.84737
<b>Curtosis</b>	2.735937888	<b>Curtosis</b>	1.11023266
<b>Coefficiente de asimetría</b>	-1.521437786	<b>Coefficiente de asimetría</b>	-0.43321124
<b>Rango</b>	4.69	<b>Rango</b>	12.51
<b>Mínimo</b>	823.14	<b>Mínimo</b>	826.34
<b>Máximo</b>	827.83	<b>Máximo</b>	838.85
<b>Suma</b>	4130.83	<b>Suma</b>	4165.19
<b>Cuenta</b>	5	<b>Cuenta</b>	5

Fuente: TESIS “Análisis Comparativo De Concretos Adicionados Con Puzolanas Artificiales De Ceniza De Cascarilla De Arroz (Cca), Fly Ash Y Puzolana Natural”

$$N^{\circ} = \frac{1.65^2 \times 1.81^2}{0.81^2} = 13.59 = 14$$

$$N^{\circ} = \frac{1.65^2 \times 4.56^2}{2.04^2} = 13.44 = 14$$

Tabla 9: Población Muestral.

TIPOS	% DE PUZOLANA	POBLACIÓN MUESTRAL				
		RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN			VELOCIDAD DE SUCCIÓN CAPILAR	PENETRACION POR AGUA
		14 días	28 días	56 días	56 días	28 días
<b>PROBETAS CON PUZOLANA</b>	5%	3	14	14	4	2
	10%	3	14	14	4	2
	15%	3	14	14	4	2
<b>PROBETA PATRON</b>	0%	3	14	14	4	2
<b>SUB TOTAL ESPECIMENES</b>		12	56	56	16	8
<b>TOTAL ESPECIMENES</b>		148				

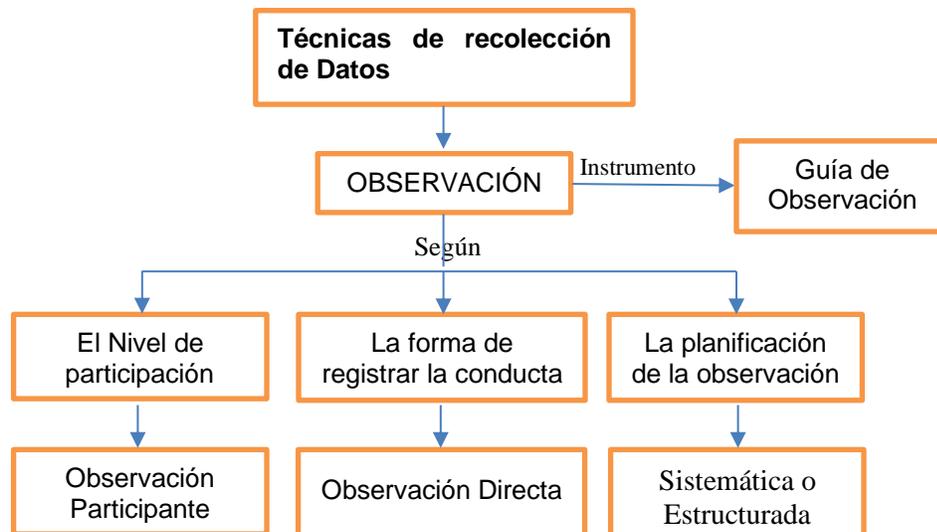
## 2.4. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

### 2.4.1. Técnicas de recolección de datos

La presente investigación, Según el nivel de participación es de tipo de observación participante ya que se estará involucrado de manera total en las actividades que se realicen (ensayos). Según la forma de registrar la conducta es de tipo directa porque se pondrá en contacto personal con los ensayos que se realizarán a las probetas de concreto y Según la planificación de observación viene a ser de tipo estructurado por que se elaborará una guía de observación la cual permitirá la recopilación de datos eficientemente de los ensayos realizados en el Laboratorio de Concreto de la Universidad Privada del Norte de la ciudad de Trujillo 2020.

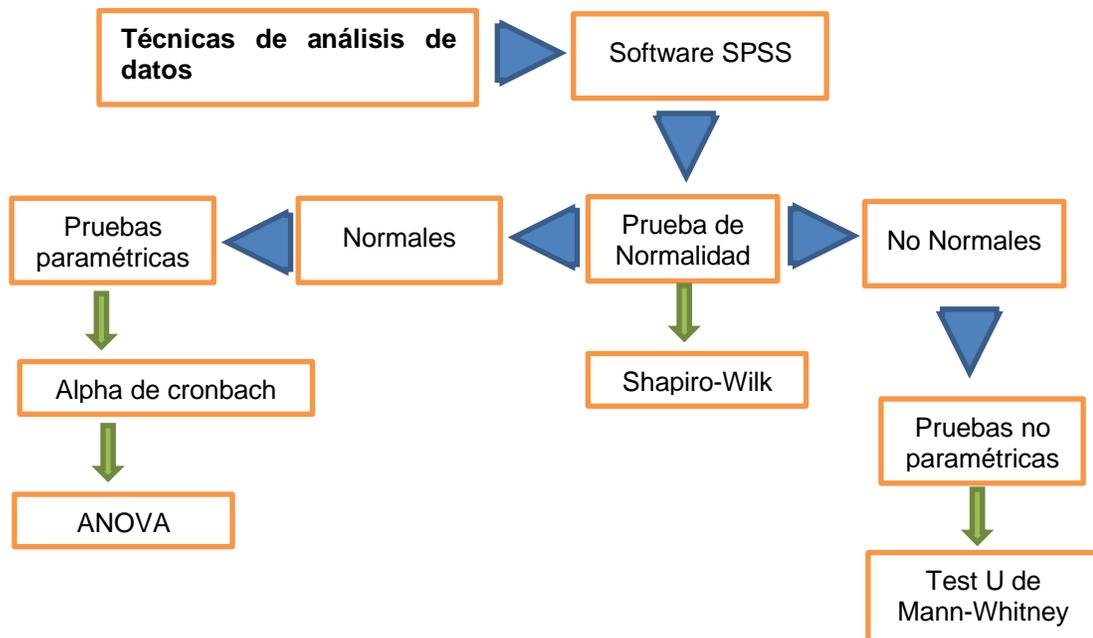
### 2.4.2. Instrumento de recolección

En la presente investigación el instrumento que se ha decidido emplear para la técnica de observación es la guía de observación, en la cual se tendrá en consideración cada ensayo que se realice a los agregados y a las muestras de probetas de concreto.

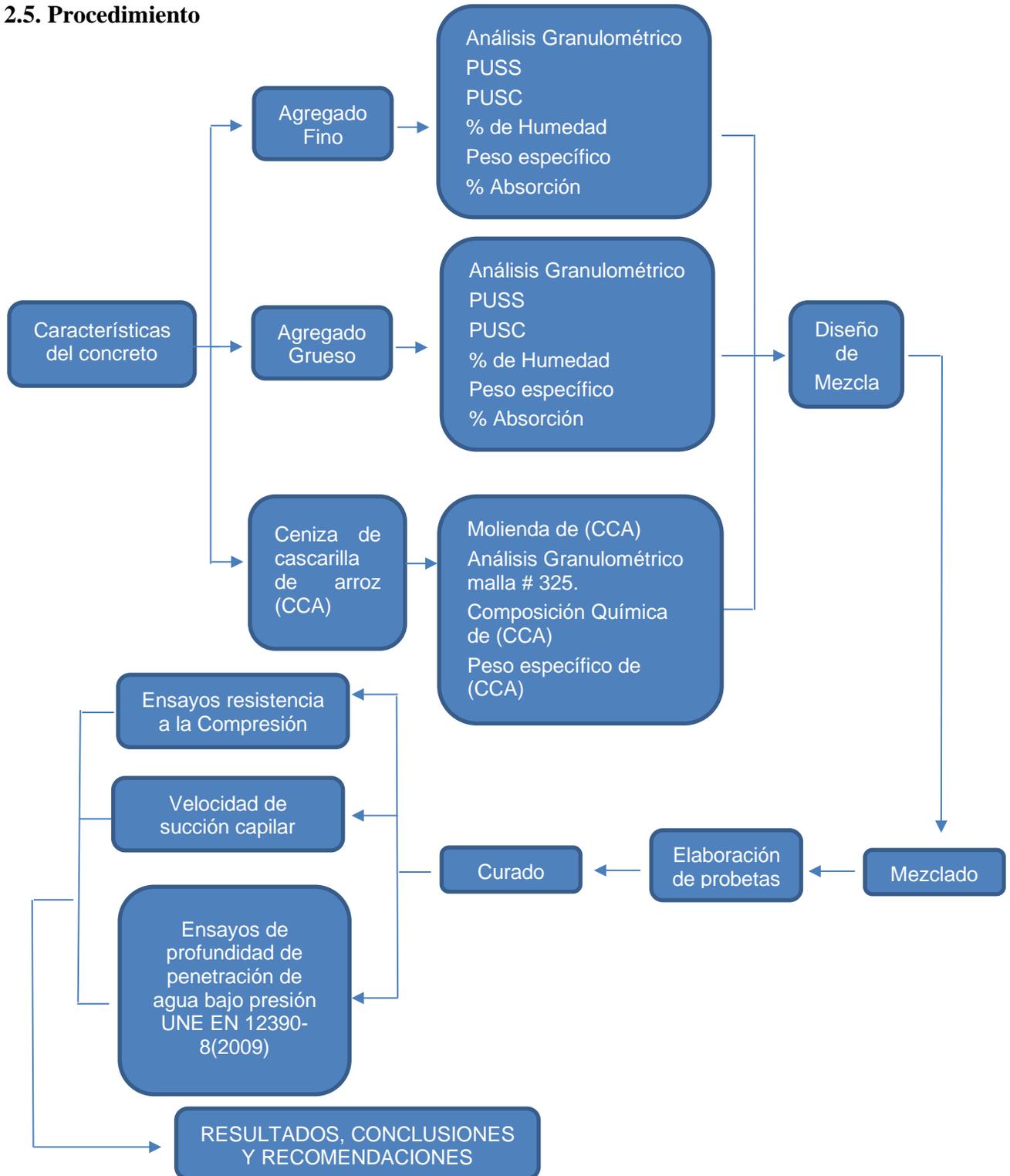


### 2.4.3. Técnica de análisis de datos

La técnica empleada para la presente investigación será la de Inferencia Estadística ya que se está empleando un diseño del tipo experimental, por ende se realizará la prueba de hipótesis, pero primero se evaluará la prueba de normalidad de los datos con la prueba de Shapiro-Wilk, esta prueba se realizará mediante el software SPSS, luego si los datos son normales se utilizará la prueba paramétrica de Alpha de cronbach y si fuera no normales se utiliza la prueba no paramétrica de Test U de Mann-Whitney.



## 2.5. Procedimiento



## 2.5.1. Características del Concreto.

### 2.5.1.1. Análisis Granulométrico del agregado fino (ASTM C136).

#### Procedimiento:

- ❖ Se secó el material en el horno a una temperatura de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $230\text{ }^{\circ}\text{F} \pm 9\text{ }^{\circ}\text{F}$ ) durante 24 horas.
- ❖ Se realizó el pesado tres veces a la muestra de agregado fino.
- ❖ Se ordenó los Tamices en forma decreciente desde N° 4 hasta el N°200, para pasar al tamizado manual, hasta que se obtuvo un peso uniforme en cada tamiz.
- ❖ Se Pesó lo retenido en cada Tamiz, en una balanza analítica de 0.1 gramos.
- ❖ Se efectuó el proceso tres veces.
- ❖ Se halló el módulo de finura con la siguiente fórmula.

$$MF = \frac{(\sum \% \text{ retenido acumulado en las mallas N}^{\circ} 4, 8, 16, 30, 50, 100)}{100}$$

*Ecuación 2: Módulo de finura*

*Tabla 10: Granulometría de Agregado Fino.*

Tamiz	Abertura (mm)	Peso Malla (gr.)	P. Malla + Muestra (gr.)	P. Reteni do (gr.)	%P. Retenido	% P.Ret.Acumul ado	% Pasa
N° 4	4.76						
N° 8	2.38						
N° 16	1.19						
N° 30	0.59						
N° 50	0.297						
N° 100	0.149						
N° 200	0.074						
FONDO	-						

MF

### Equipos y Materiales:

- ❖ Balanzas
- ❖ Tamices. (#4, #8, #16, #30, #50, #100, #200), fondo.
- ❖ Horno de temperatura uniforme de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- ❖ Recipientes codificados
- ❖ Cucharón, espátula.
- ❖ Cepillo de acero para limpieza de tamices.

#### 2.5.1.2. Análisis Granulométrico del agregado grueso (ASTM C136).

##### Procedimiento:

- ❖ Se secó el material en el horno a una temperatura de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $230\text{ }^{\circ}\text{F} \pm 9\text{ }^{\circ}\text{F}$ ) durante 24 horas.
- ❖ Se realizó el pesado tres veces a la muestra de agregado grueso.
- ❖ Se ordenó los Tamices en forma decreciente desde 1", 3/4", 1/2", 3/8", N°4, para pasar al tamizado manual, hasta que se obtuvo un peso uniforme en cada tamiz.
- ❖ Se Pesó lo retenido en cada Tamiz, en una balanza analítica de 0.1 gramos.
- ❖ Se efectuó el proceso tres veces.

*Tabla 11: Granulometría de Agregado Grueso.*

Tamiz	Abertura (mm)	Peso Malla (gr.)	P. Malla + Muestra (gr.)	P. Retenido (gr.)	%P. Retenido	% P. Ret. Acum.	% Pasa
1"	25.4						
3/4"	19.05						
1/2"	12.7						
3/8"	9.5						
N° 4	4.75						
FONDO	-						

### **Equipos y Materiales:**

- ❖ Balanzas
- ❖ Tamices. (1", 3/4", 1/2", 3/8", #4), fondo.
- ❖ Horno de temperatura uniforme de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- ❖ Recipientes codificados
- ❖ Cucharón, espátula.
- ❖ Cepillo de acero para limpieza de tamices.

#### **2.5.1.3. Peso específico y Porcentaje de Absorción del agregado fino (ASTM C128).**

- ❖ Se saturó en agua la muestra de agregado fino por un día entero.
- ❖ Se decantó el agua de la muestra y se colocó en una bandeja metálica y esta se colocó en una estufa eléctrica para secarla uniformemente.
- ❖ Luego se relleno el molde cónico en tres capas, compactando cada capa con 25 golpes con un pisón.
- ❖ Al quitar el cono la muestra se derrumba 1/3 de la parte superior, se demostrará que el agregado ha alcanzado la condición saturada superficialmente seca. Si no es así se repite el ensayo.
- ❖ Pesamos la fiola con agua hasta los 500 ml.
- ❖ Se colocó 500 gr de muestra preparada y se le añadió agua hasta un aproximado de 90% de la capacidad de la fiola, luego se trató de eliminar todas las burbujas de aire.
- ❖ Se llena la fiola hasta los 500 ml y luego se pesó.
- ❖ Se dejó reposar la muestra dentro de la fiola hasta que esta se asiente, luego se botó el agua y se secó la muestra en el horno a  $110\text{ }^{\circ}\text{C}$  y se obtiene su peso seco.

- ❖ El Peso Específico se determinó mediante la siguiente fórmula:

$$P_{esp} = \frac{A}{B + S - C}$$

*Ecuación 3: Peso específico agregado fino*

**Dónde:**

**P<sub>esp</sub>:** Peso Específico (Kg/cm<sup>3</sup>)

**A:** Peso en el aire de la muestra secada en la estufa (gr).

**B:** Peso de la fiola más el agua (gr).

**S:** Peso en el aire de la muestra saturada superficialmente seca  
SSS (gr).

**C:** Peso de la fiola más agua más muestra (gr).

- ❖ El porcentaje de Absorción se determinó mediante la siguiente fórmula:

$$A\% = \frac{S - A}{A} \times 100$$

*Ecuación 4: Porcentaje de absorción agregado fino*

**Dónde:**

**A%:** Porcentaje de Absorción (%).

**S:** Peso en el aire de la muestra saturada superficialmente seca  
SSS (gr).

**A:** Peso en el aire de la muestra secada en la estufa (gr).

*Tabla 12: Peso específico y porcentaje de Absorción de agregado fino.*

<b>Peso específico y Absorción</b>				
	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>Prom.</b>
<b>peso tara ( g)</b>				
<b>peso tara + muestra seca (g)</b>				
<b>muestra seca (A) (g)</b>				
<b>peso de la fiola + agua (B) (g)</b>				
<b>volumen del frasco (ml)</b>				
<b>Peso fiola + muestra + agua (g)</b>				
<b>Peso fiola + muestra (g)</b>				
<b>Volumen de agua añadida al frasco (Vq) (ml)</b>				
<b>Pem (g/cm<sup>3</sup>)</b>				
<b>PeSSS (g/cm<sup>3</sup>)</b>				
<b>Pea (g/cm<sup>3</sup>)</b>				
<b>Ab %</b>				

#### **Equipos y Materiales:**

- ❖ Balanza, con sensibilidad a 0,1g.
- ❖ Conjunto estándar de molde cónico y una barra compactadora.
- ❖ Bandeja de aluminio de 25x25x5 cm para secar muestra que contenga agua.
- ❖ Estufa eléctrica.
- ❖ Fiola de 500 ml.
- ❖ Horno de temperatura uniforme de 110 °C ± 5 °C.

#### 2.5.1.4. Peso específico y Porcentaje de Absorción del agregado grueso (ASTM C127).

- ❖ Se determinó el tamaño máximo nominal del agregado grueso y se toma una muestra representativa.
- ❖ Se saturó en agua la muestra de agregado grueso por un día entero.
- ❖ Se decantó el agua de la muestra y se colocó en un paño absorbente para secarlo hasta conseguir el estado SSS y luego se pesó.
- ❖ Después se colocó muestra saturada en una cesta de alambre y se pesó dentro del agua a una temperatura entre  $23\text{ °C} \pm 1.7\text{ °C}$ .
- ❖ Luego se secó la muestra en el horno a una temperatura de  $110\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$  durante 24 horas.
- ❖ Se dejó enfriar a temperatura ambiente y se determinó su peso seco.
- ❖ El Peso Específico se determinó mediante la siguiente fórmula:

$$P_{esp} = \frac{A}{B - C}$$

*Ecuación 5: Peso específico agregado grueso*

- P<sub>esp</sub>:** Peso Específico.
- A:** Peso en el aire de la muestra secada en el horno (gr).
- B:** Peso en el aire de la muestra SSS (gr).
- C:** Peso en el agua de la mezcla (gr).

- ❖ El Porcentaje de Absorción se determinó con la siguiente fórmula:

$$A\% = \frac{B - A}{A} \times 100$$

*Ecuación 6: Porcentaje de absorción del agregado grueso*

Dónde:

- A%:** Porcentaje de Absorción (%).
- A:** Peso en el aire de la muestra secada en el horno (gr).
- B:** Peso en el aire de la muestra SSS (gr).

*Tabla 13: Peso específico y porcentaje de Absorción del agregado grueso.*

Ítem	P 01	P 02	P 03	Prom.
<b>Peso muestra saturada (g) (B)</b>				
<b>Peso muestra seca (g) (A)</b>				
<b>Peso muestra sumergida(g) C</b>				
<b>PEM (g/cm<sup>3</sup>) (A/(B-C))</b>				
<b>PMSS(g/cm<sup>3</sup>) (B/(B-C))</b>				
<b>PEAM (g/cm<sup>3</sup>) (A/(A-C))</b>				
<b>Absorción % ((B-A)/A*100)</b>				

#### **Equipos y Materiales:**

- ❖ Balanza sensible a 0.5 g, equipada para suspender la muestra en la cesta con malla de alambre en la bandeja con agua desde el centro de la plataforma del pesado.
- ❖ Cesta con malla de alambre: Con abertura perteneciente al tamiz N° 06 o abertura menor. La cesta deberá ser elaborada de tal forma que prevenga el aire atrapado cuando sea sumergida.
- ❖ Depósito de agua: Un depósito apropiado para sumergir la cesta de alambre en el agua.
- ❖ Horno resistente, capaz de mantener una temperatura de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

### 2.5.1.5. Análisis Granulométrico de Ceniza de Cascarilla de Arroz (CCA) (ASTM C-595).

- ❖ Se pulverizó la ceniza de cascarilla de arroz en un molino de piedra, de tal manera que tenga un tamaño parecido al del cemento.
- ❖ Se tamizó por la malla N° 325
- ❖ Lo que pasó dicha malla se reemplazó en la mezcla en distintos porcentajes.

#### Equipos y Materiales:

- ❖ Molino de piedra.
- ❖ Tamiz N° 325.
- ❖ Balanza.

### 2.5.1.6. Composición Química de la Ceniza Cascarilla de Arroz (ANEXO 1).

*Tabla 14: Composición Química de la CCA.*

METODO	COMPOSICION				
	ME ICP-OES	ME ICP-OES	ME ICP-OES	ME ICP-OES	ME ICP-OES
	Oxido Alumínico	Oxido Cálcico	Oxido Magnésico	Oxido Férrico	Anhídrido Silícico
Elemento	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>
M1	0.76%	2.66%	1.25%	0.28%	89.27%

Fuente: Propia

### 2.5.1.7. Peso Específico de (CCA) (ASTMA C- 188-95).

- ❖ Se lavó y seco el MATRAZ LE CHATELIER.
- ❖ Se llenó el matraz con gasolina de 95 hasta la marca de 0 ml, después se secó el cuello del matraz.
- ❖ Se pesó 45 gr de ceniza de cascarilla de arroz (CCA), luego se lo depósito en el frasco.
- ❖ Se colocó el tapón del matraz y se lo giro circularmente en una posición inclinada, de tal manera que se elimine todas las burbujas.
- ❖ Una vez que se expulsaron las burbujas se anotó la nueva medida del volumen del matraz.
- ❖ Se usó la siguiente fórmula para obtener la densidad de la CCA:

$$\rho_{CCA} = \frac{M}{V_f - V_i}$$

*Ecuación 7: Peso específico de CCA*

Donde:

- $\rho_{CCA}$ : Densidad de ceniza de cascarilla de arroz (CCA).  
M: Masa de (CCA).  
V<sub>f</sub>: Volumen final del líquido después de introducir la CCA.  
V<sub>i</sub>: Volumen inicial del líquido.

*Tabla 15: Peso Específico de (CCA).*

	PESO ESPECÍFICO		
	M. 1	M. 2	M. 3
<b>PESO CCA (g)</b>			
<b>Li (ml)</b>			
<b>Lf (ml)</b>			
<b><math>\rho</math> (g/cm<sup>3</sup>)</b>			
<b><math>\rho</math> (prom) (g/cm<sup>3</sup>)</b>			

### **Equipos y Materiales:**

- ❖ Matraz LE CHATELIER.
- ❖ Gasolina de 95.
- ❖ Balanza con precisión a 0.1 g.
- ❖ Bandeja de aluminio.

#### **2.5.1.8. Peso unitario suelto y compactado del agregado fino y grueso (ASTM C 29).**

- ❖ Se pesó el molde vacío.
- ❖ Se llenó de agua el molde y se pesó, para poder hallar el volumen del molde en (m<sup>3</sup>).
- ❖ Se colocó el agregado en el molde, a una altura no mayor de 50 mm por encima del borde superior hasta llenarlo.
- ❖ Para el peso unitario compactado se colocó el material en tres capas de igual volumen, cada capa se compactó uniformemente con una varilla 25 veces.
- ❖ Luego se enrasó la parte superior con ayuda de la varilla y luego se pesó.

#### ❖ **Peso Unitario Suelto**

El Peso Unitario Suelto Seco se determinó con la siguiente fórmula:

$$PUSS = \frac{A - B}{V}$$

*Ecuación 8: Peso unitario suelto*

Dónde:

PUSS:           Peso Unitario Suelto Seco del agregado (kg/m<sup>3</sup>).

A:               Peso del recipiente más el agregado (kg).

B:               Peso del recipiente (kg).

V:               Volumen de la medida (m<sup>3</sup>).

❖ **Peso Unitario Compactado**

El Peso Unitario Compactado Seco se determinó con la siguiente fórmula:

$$PUCS = \frac{A - B}{V}$$

*Ecuación 9: Peso unitario compactado*

Dónde:

PUCS: Peso Unitario Compactado Seco del agregado (kg/m<sup>3</sup>).

A: Peso del recipiente más el agregado compactado (kg).

B: Peso del recipiente (kg).

V: Volumen de la medida (m<sup>3</sup>)

*Tabla 16: Peso Unitario suelto de agregados.*

<b>SUELTO</b>	
<b>Ítem</b>	
<b>P. del agregado + molde (g)</b>	
<b>P. del molde (g)</b>	
<b>V. del molde (m<sup>3</sup>)</b>	
<b>P. unitario (kg/m<sup>3</sup>)</b>	
<b>P. unitario Promedio (kg/m<sup>3</sup>)</b>	

*Tabla 17: Peso Unitario Compactado de agregados.*

<b>COMPACTADO</b>	
<b>Ítem</b>	
<b>Peso del agregado + molde (g)</b>	
<b>Peso del molde (g)</b>	
<b>Volumen del molde (m<sup>3</sup>)</b>	
<b>Peso unitario (kg/m<sup>3</sup>)</b>	
<b>P unitario Promedio (kg/m<sup>3</sup>)</b>	

### Equipos y Materiales:

- ❖ Molde de peso unitario 14 L
- ❖ Balanza electrónica de 200 kg
- ❖ Varilla compactadora
- ❖ Cucharón

#### 2.5.1.9. Contenido de humedad del agregado fino y grueso (ASTM C 566).

- ❖ Se cuarteó el agregado para tomar dos partes del cuarteo, que esto depende del TMN del agregado y luego se coloca en envases.
- ❖ Se pesó el material en su estado natural en una balanza analítica de 0.1 gramos.
- ❖ Se colocó el agregado en el horno a una temperatura de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  por un día entero.
- ❖ Se tomó tres muestras para sacar el promedio.

Se determinó el Contenido de Humedad usando la siguiente fórmula:

$$W\% = \frac{Ph - Ps}{Ps} \times 100$$

*Ecuación 10: Contenido de humedad*

Dónde:

Ph: Peso de la muestra húmeda (gr).

Ps: Peso de la muestra seca (gr).

W%: Contenido de humedad (%).

*Tabla 18: Contenido de Humedad de los agregados.*

Ítem	fecha	fecha	fecha	fecha
<b>Suelo húmedo, A (g)</b>				
<b>Suelo seco, B (g)</b>				
<b>P. molde, C (g)</b>				
<b>Humedad (%)</b>				

**Equipos y Materiales:**

- ❖ Cucharón
- ❖ Balanza analítica de 0.1g.
- ❖ Recipientes de metal
- ❖ Horno de temperatura de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$

**2.5.1.10. Diseño de Mezcla:**

Para realizar mi diseño de mezcla me basé en el la Norma ACI 211 y ACI 318 lo cual se resumen el procedimiento de diseño con estos 8 pasos.

- ❖ Elegí el TM del agregado.
- ❖ Calculé el agua de mezclado y el contenido de aire.
- ❖ Seleccioné la relación agua – cemento.
- ❖ Se calculó el contenido de cemento.
- ❖ Se estimó el contenido del agregado grueso.
- ❖ Se estimó el contenido del agregado fino.
- ❖ Se estimó el contenido de Puzolana artificial.
- ❖ Se realizó los ajustes por humedad de agregado.
- ❖ Se realizó los ajustes en las mezclas de prueba.

*Tabla 19: Propiedades físicas de insumos para el concreto.*

<b>Propiedades Físicas de los Insumos</b>							
Descripción Materiales	Peso Específico (kg/m <sup>3</sup> )	Absorción ( % )	Humedad ( % )	Módulo de Finura	TMN A. G.	PUS (kg/m <sup>3</sup> )	PROCEDENCIA
Cemento							
USO							
GENERAL							
-							
Pacasmayo							
Micro sílice							
Cascarilla							
de arroz							
Agua							
Agregado							
Fino - El							
Milagro							
Agregado Grueso - El							
Milagro							

*Tabla 20: Dosificación para elaboración de concreto.*

INSUMOS	DOSIFICACION DE CONCRETO PESO HUMEDO Kg/m3			
	PATRON	CENIZA DE CASCARILL DE ARROZ (CCA)		
	0%	5%	10%	15%
cemento				
CCA				
MATERIAL CEMENTANTE				
AG. GRUESO				
AG. FINO				
AGUA				
TOTAL				

#### **2.5.1.11. Elaboración de Probetas.**

Se hizo el siguiente procedimiento:

- ❖ Se pesó los materiales a utilizar para el concreto.
- ❖ Se mezcla los materiales en el trompo, primero se añade el agregado grueso con una parte de agua y se lo mezcla, luego se le agrega el agregado fino, el cemento y el agua restante y finalmente la puzolana artificial.
- ❖ Luego se comienza a realizar las probetas utilizando moldes cilíndricos (15 cm de diámetro y 30 cm de altura), se vierte el concreto en tres capas y en cada capa se da 25 golpes con la varilla, para que se uniformice la mezcla.
- ❖ Luego de culminar la compactación por cada capa se golpeó suavemente alrededor del molde 10 veces con un martillo de hule para liberar el aire y evitar las famosas cangrejeras.
- ❖ Importante no olvidar que la varilla debe ingresar 1 pulgada en la capa anterior.
- ❖ Luego de culminar con todas las capas se procedió a enrazar y nivelar la mezcla con ayuda de la varilla lisa.
- ❖ Se dio un buen acabado con la plancha y se obtuvo una superficie lisa.
- ❖ Después de un día se retiró el molde con mucho cuidado.
- ❖ Luego de desmoldar las probetas se colocaron en la posa de curado.

### **Equipos y Materiales:**

- ❖ Balanza electrónica de 200 kg
- ❖ Baldes de plástico
- ❖ Trozo mezclador
- ❖ Buggy
- ❖ Cucharón
- ❖ Badilejo
- ❖ Varilla - Pistón
- ❖ Cono de Abrams
- ❖ Bandeja cuadrada 1mx1m
- ❖ Moldes cilíndricos 4inx6in, 6inx12in
- ❖ Moldes cúbicos de 6inx6inx6in
- ❖ Martillo de Goma
- ❖ Vibrador eléctrico
- ❖ Aceite
- ❖ Plastilina
- ❖ Compresora
- ❖ Bolsas
- ❖ Ligas
- ❖ Franela

### 2.5.1.12. Ensayo a la resistencia a la compresión (NTP 339.034).

Se realizó el siguiente procedimiento:

- ❖ Se retiró las probetas del pozo de curado al tiempo que se deseaba realizar el ensayo y esperar un tiempo para que el agua dentro de las probetas se eliminara.
- ❖ Se midió el diámetro y la altura de cada probeta.
- ❖ Se limpió las superficies de la prensa.
- ❖ Se Colocó la probeta en el bloque de soporte inferior.
- ❖ Se alineó los ejes del espécimen con el centro del bloque de empuje superior.
- ❖ Se verificó que el medidor de carga se encuentre en cero.
- ❖ Se movió lentamente el espécimen para ponerlo en contacto con los platos de compresión de la prensa.
- ❖ Se aplicó una carga continua hasta que la probeta falló.
- ❖ Se registró la máxima carga soportada por la probeta.
- ❖ Se calculó el esfuerzo a la compresión
- ❖ Se registraron los datos

*Tabla 21: Resistencia a la compresión patrón.*

DIAS	Resistencia Patrón (Kg/cm <sup>2</sup> )		
	14d	28d	56d
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			

**2.5.1.13. Ensayo de Profundidad de Penetración por agua bajo presión (UNE EN 12390-8).**

- ❖ Se realizó las probetas circulares de 6" x 12".
- ❖ Se desencofro la probeta y se curó por un periodo de 28 días.
- ❖ Se cortó la probeta a la mitad.
- ❖ La probeta se coloca en el aparato de ensayo y se aplicó el agua a una presión de  $(500 \pm 50)$  kPa durante  $(72 \pm 2)$ .
- ❖ Durante el ensayo, se observaron periódicamente el estado de las superficies de la probeta de ensayo no expuestas al agua a presión para observar la posible presencia de agua.
- ❖ Después de aplicar la presión con agua durante el tiempo normado, se retiró la probeta del equipo de ensayo.
- ❖ Se limpió la cara a la que se aplicó la presión con agua con el fin de retirar el exceso de agua.
- ❖ Luego se cortó en dos mitades de manera perpendicular a la cara que se aplicó la presión.
- ❖ Se vio y se midió la profundidad de penetración de agua.

#### 2.5.1.14. Ensayo de Velocidad de succión capilar (IRAM 1871)

- ❖ Se realizó las probetas rectangulares de 15cmx7.5cmx5cm
- ❖ Se curó por 56 días
- ❖ Se realizó el pre acondicionamiento:
  - Secado en el horno de 50 °C ± 2°C por 24h.
  - Se dejó enfriar a temperatura ambiente por 24h.
  - Se determinó el área de la sección transversal de cada probeta
  - Se impermeabilizó toda la superficie lateral, para evitar la absorción en esos lugares.
- ❖ Se ordenó las probetas en recipientes metálicos nivelados.
- ❖ Se llenó de agua hasta los 3mm ± 1mm
- ❖ Luego se pasó a tomar los pesos en los tiempos establecidos (10min, 20 min, 30min, 1h, 2h, 3h, 4h, 5h, 6h, 24h, 48h, 72h)

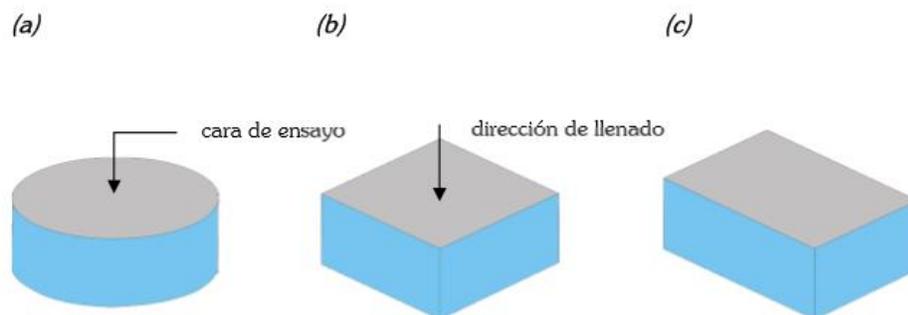


Ilustración 1: Muestra de las diferentes secciones transversales: a) Circular, b) Cuadrada, c) Rectangular

$$\text{Cit (gr/m}^2\text{)} = \frac{M_{hit} - M_{si}}{A_i}$$

*Ecuación 11: Incremento de masa por unidad de área de sección*

- Cit = El incremento de masa por unidad de área de la sección transversal (i) en el instante de lectura (t) en gr/m<sup>2</sup>
- Mhit = La masa húmeda de la probeta (i) en el instante de lectura (t) en gramos.
- Msi = La masa seca de la probeta (i) en gramos

- $A_i$  = El área de la sección transversal de la probeta (i) en  $m^2$
- La capacidad de succión capilar del hormigón (C) en  $gr/m^2$ , se halla a través del promedio de la capacidad de succión capilar de cada probeta de la serie de ensayo  $C_i$ .
- La velocidad de succión capilar del concreto (S) corresponde a la serie de ensayo, en  $gr/m^2 \cdot S^{1/2}$ ; es la pendiente de la recta que se logra por un ajuste de cuadro mínimos de la serie de puntos.

#### **Equipos y Materiales:**

- ❖ Bandejas metálicas niveladas
- ❖ Balanza analítica 0.01
- ❖ Horno  $50\text{ }^\circ\text{C} \pm 2\text{ }^\circ\text{C}$
- ❖ Impermeabilizante
- ❖ Vernier
- ❖ Cronómetro
- ❖ Flexómetro

#### **2.6. Aspectos Éticos.**

Se ha seguido los lineamientos de acuerdo a la Universidad Privada del Norte, respecto a la autonomía, beneficencia, responsabilidad, justicia, integridad científica, normatividad y difusión, además se practicaron los principios éticos como: humanidad, justicia, igualdad, veracidad y trabajo en equipo.

Se respetó la política de anti plagio y/o resguardado de los derechos de los involucrados, los cuales son: originalidad, terminación del porcentaje de similitud y proceso de descargo ante un proceso de plagio.

# CAPÍTULO III. RESULTADOS

### 3.1. Ceniza de Cascarilla de Arroz (CCA).

La ceniza de cascarilla de arroz (CCA) nos proporcionó una empresa descascaradora de arroz de la ciudad de Chiclayo-Lambayeque, dicha empresa quema los pasivos producto del proceso de descascarar el arroz y los almacena en sacos de 20 kg para el uso como fertilizante en la agricultura, esta empresa nos regaló la cantidad de dos sacos de CCA.

Ya con la ceniza de cascarilla de arroz (CCA) en nuestro poder se procedió a pulverizar, para este procedimiento se molió en un molino industrial, así se logró obtener partículas de ceniza de cascarilla de arroz (CCA) similares al tamaño del cemento.

Después de llevar a cabo la pulverización de la ceniza de cascarilla de arroz (CCA), se tamizó por la malla # 325 como indica en la norma ASTM C-595.

Finalmente se determinó el peso específico de la ceniza de cascarilla de arroz (CCA) (ver tabla n° 22), para poder reemplazar en el diseño de mezcla de esta investigación.

*Tabla 22: Resultado peso específico (CCA).*

	PESO ESPECÍFICO		
	M. 1	M. 2	M. 3
<b>PESO CCA(g)</b>	45	45	45
<b>Vi (ml)</b>	0	0.1	0.3
<b>Vf (ml)</b>	20.8	20.3	20.2
<b><math>\rho</math> (g/cm<sup>3</sup>)</b>	2163.462	2227.723	2261.307
<b><math>\rho</math> Prom. (g/cm<sup>3</sup>)</b>		2217	
<b><math>\rho</math> según normativa (g/cm<sup>3</sup>)</b>		2220	

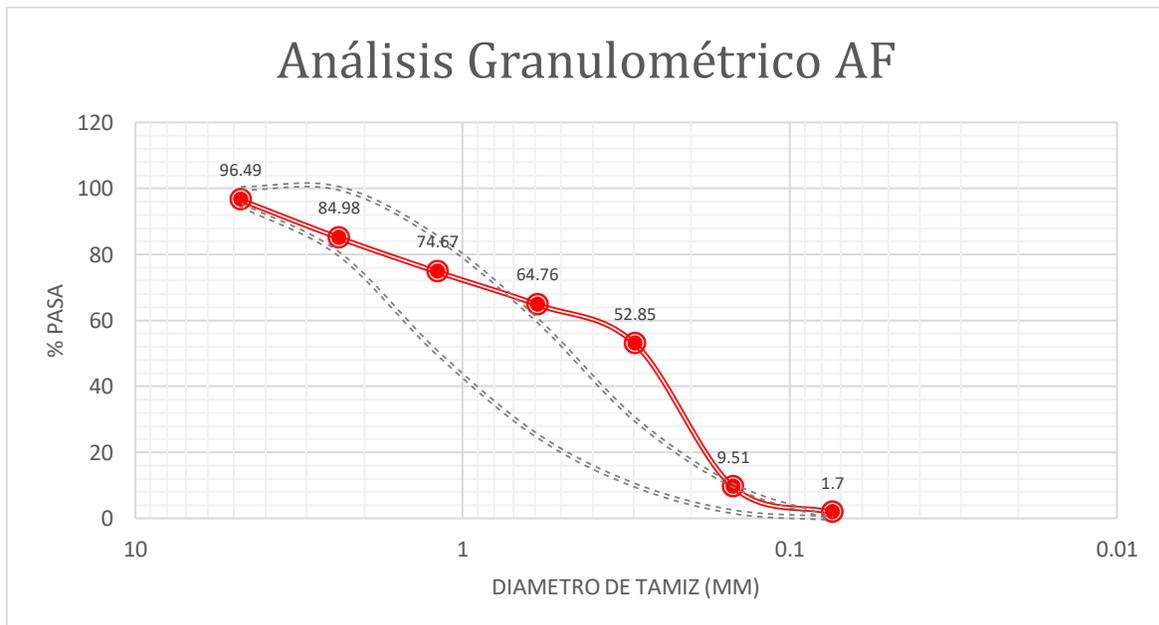
### 3.2. Análisis Granulométrico del agregado fino (ASTM C136).

❖ Muestra N°01

Tabla 23: Resultados de análisis granulométrico de agregado fino 01.

Tamiz	Abertura (mm)	Peso Malla (gr.)	P. Malla + Muestra (gr.)	P. Retenido (gr.)	%P. Retenido	% P.Ret.Acumulado	% Pasa
N° 4	4.76	503	538	35	3.5	3.5	96.49
N° 8	2.38	477	592	115	11.51	15.01	84.98
N° 16	1.19	404	507	103	10.31	25.32	74.67
N° 30	0.59	375	474	99	9.91	35.23	64.76
N° 50	0.297	345	464	119	11.91	47.14	52.85
N° 100	0.149	330	763	433	43.34	90.48	9.51
N° 200	0.074	316	394	78	7.81	98.29	1.7
FONDO	-	440	457	17	1.7	99.99	0
				999	99.99		

Gráfica 1: Curva granulométrica 01



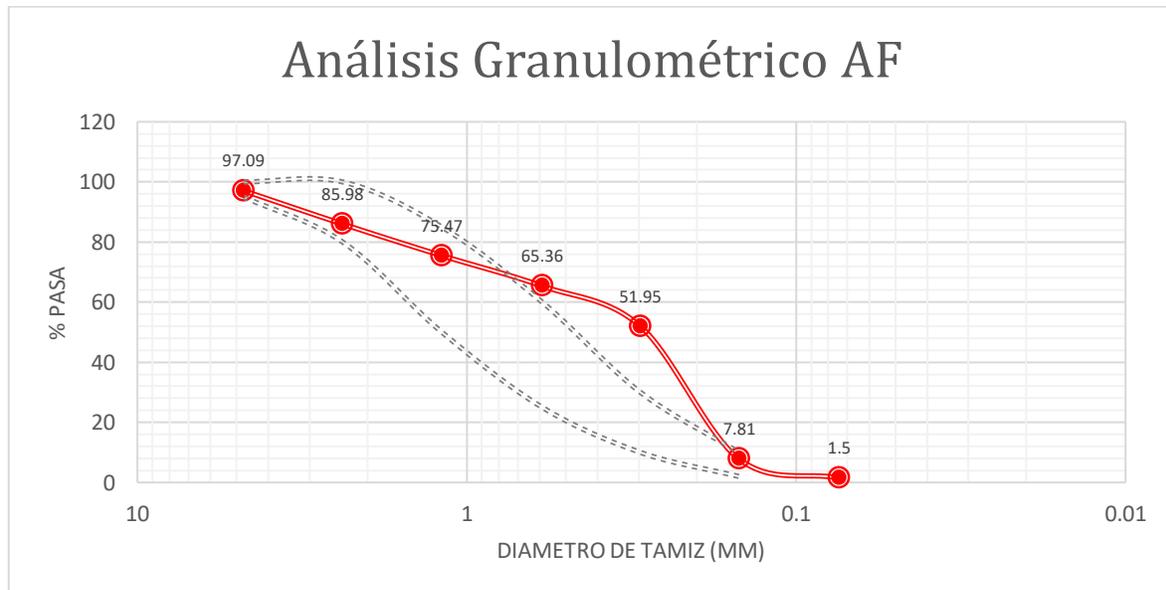
MF 2.2

❖ Muestra N°2

Tabla 24: Resultados de análisis granulométrico de agregado fino 02.

Tamiz	Abertura (mm)	Peso Malla (gr.)	P. Malla + Muestra (gr.)	P. Retenido (gr.)	%P. Retenido	% P.Ret.Acumulado	% Pasa
N° 4	4.76	503	532	29	2.9	2.9	97.09
N° 8	2.38	477	588	111	11.11	14.01	85.98
N° 16	1.19	404	509	105	10.51	24.52	75.47
N° 30	0.59	375	476	101	10.11	34.63	65.36
N° 50	0.297	345	479	134	13.41	48.04	51.95
N° 100	0.149	330	771	441	44.14	92.18	7.81
N° 200	0.074	316	379	63	6.31	98.49	1.5
<b>FONDO</b>	-	<b>440</b>	<b>455</b>	15	1.5	99.99	0
				999	100		

Gráfica 2: Curva granulométrica 02



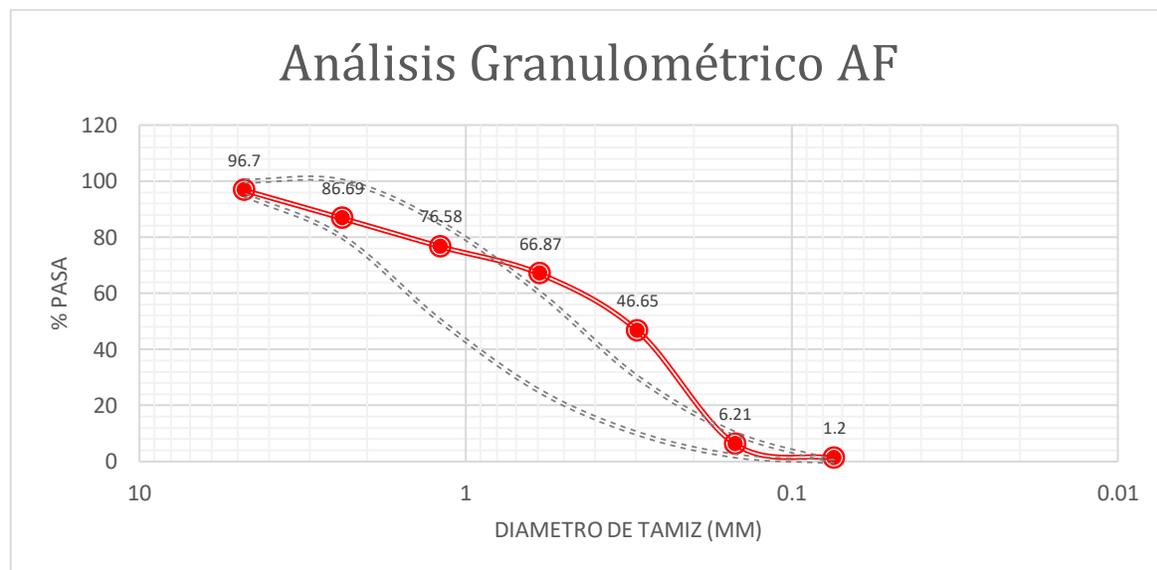
MF 2.2

❖ Muestra N°03

Tabla 25: Resultados de análisis granulométrico de agregado fino 03.

Tamiz	Abertura (mm)	Peso Malla (gr.)	P. Malla + Muestra (gr.)	P. Retenido (gr.)	%P. Retenido	% P. Ret. Acumulad	% Pasa
N° 4	4.76	503	534	31	3.11	3.11	96.7
N° 8	2.38	477	577	100	10.01	13.12	86.69
N° 16	1.19	404	505	101	10.11	23.23	76.58
N° 30	0.59	375	472	97	9.71	32.94	66.87
N° 50	0.297	345	547	202	20.22	53.16	46.65
N° 100	0.149	330	734	404	40.44	93.6	6.21
N° 200	0.074	316	366	50	5.01	98.61	1.2
FONDO	-	440	452	12	1.2	99.81	0
				997	99.8		

Gráfica 3: Curva granulométría 03



**MF 2.2**

Según la NTP 400.037 (2014), se permitirá el uso de agregados que no cumplan con las gradaciones especificadas, cuando existan estudios que aseguren que el material producirá concreto de la resistencia requerida a satisfacción de las partes.

### Características Físicas de la Arena.

Para determinar el módulo de finura se sumó el porcentaje retenido acumulado en las mallas #04 - #100 divididas por 100, empleadas en este ensayo.

❖ **Módulo de finura Promedio:  $2.17 = 2.2$**

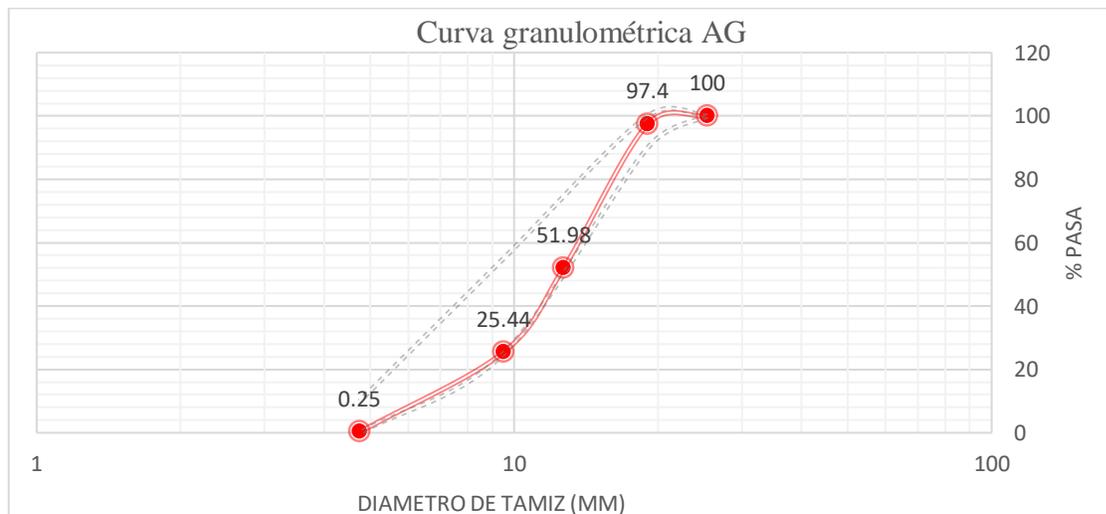
### 3.3. Análisis Granulométrico del agregado grueso (ASTM C136).

❖ Muestra N°01

Tabla 26: Resultados de análisis granulométrico de agregado grueso 01.

Tamiz	Abertura (mm)	Peso Malla (gr.)	P. Malla + Muestra (gr.)	P. Retenido (gr.)	%P. Retenido	% P.Ret. Acum.	% Pasa
1"	25.4	535	535	0	0	0	100
3/4"	19.05	544	596	52	2.6	2.6	97.4
1/2"	12.7	526	1433	907	45.42	48.02	51.98
3/8"	9.5	519	1049	530	26.54	74.56	25.44
N° 4	4.75	503	1006	503	25.19	99.75	0.25
FONDO	-	440	445	5	0.25	100	0
				1997	100		

Gráfica 4: Curva granulométrica 01 agregado grueso.



MF

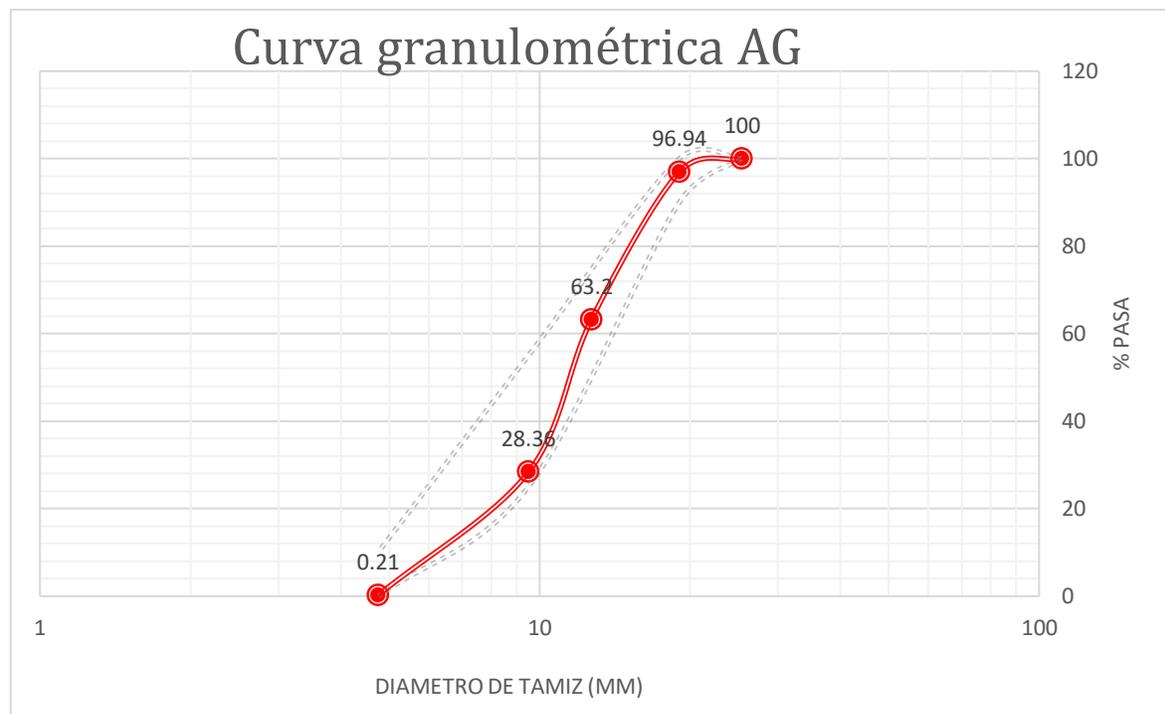
6.77

❖ Muestra N°02

Tabla 27: Resultados de análisis granulométrico de agregado grueso 02.

Tamiz	Abertura (mm)	Peso Malla (gr.)	P. Malla + Muestra (gr.)	P. Retenido (gr.)	%P. Retenido	% P. Ret. Acum.	% Pasa
1"	25.4	535	535	0	0	0	100
3/4"	19.05	544	602	58	3.06	3.06	96.94
1/2"	12.7	526	1166	640	33.74	36.8	63.2
3/8"	9.5	519	1180	661	34.84	71.64	28.36
N° 4	4.75	503	1037	534	28.15	99.79	0.21
<b>FONDO</b>	-	440	444	4	0.21	100	0
				1897	100		

Gráfica 5: Curva granulométrica 02 agregado grueso.



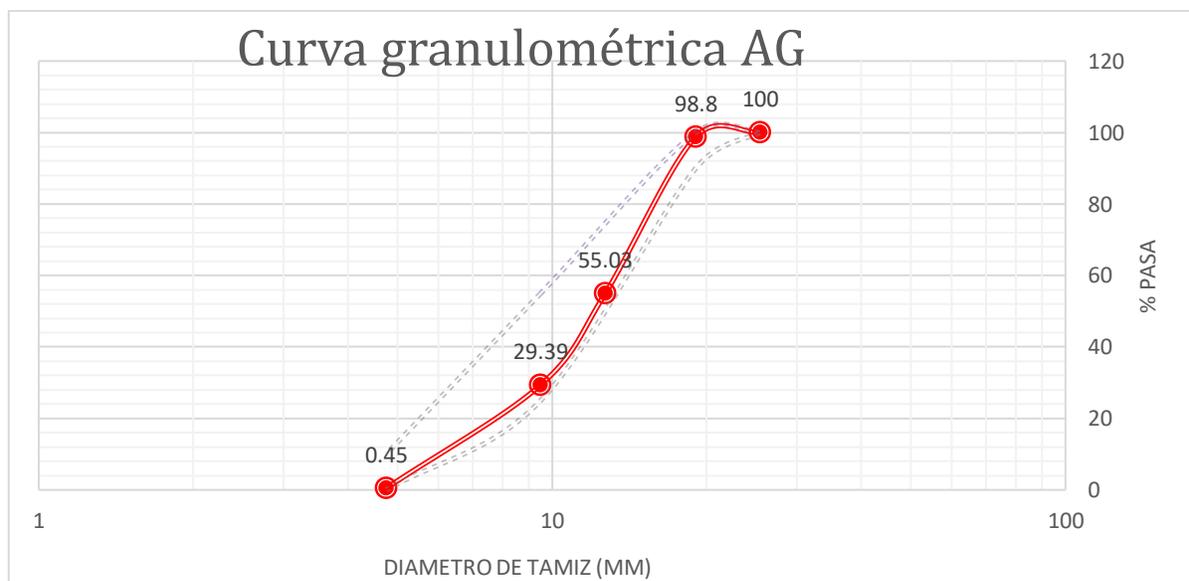
MF 6.74

❖ Muestra N°03

Tabla 28: Resultados de análisis granulométrico de agregado grueso 03.

Tamiz	Abertura (mm)	Peso Malla (gr.)	P. Malla + Muestra (gr.)	P. Retenido (gr.)	%P. Retenido	% P.Ret. Acum.	% Pasa
1"	25.4	535	535	0	0	0	100
3/4"	19.05	544	568	24	1.2	1.2	98.8
1/2"	12.7	526	1400	874	43.77	44.97	55.03
3/8"	9.5	519	1031	512	25.64	70.61	29.39
N° 4	4.75	503	1081	578	28.94	99.55	0.45
FONDO	-	440	449	9	0.45	100	0
				1997	100		

Gráfica 6: Curva granulométrica 03 agregado grueso.



## MF 6.71

### Características Físicas del agregado Grueso

- ❖ Módulo de finura : 6.74
- ❖ Tamaño máximo: 1"
- ❖ Tamaño máximo nominal: 3/4"
- ❖ Usos según (ASTM C33): 67

### 3.4. Peso específico y Porcentaje de Absorción del agregado fino (ASTM C128).

Tabla 29: Resultados de peso específico y porcentaje de absorción de agregado fino.

<b>Peso específico y Absorción</b>				
	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>Prom.</b>
peso tara (g)	366	278.92	82.81	
peso tara + muestra seca (g)	859.25	772.77	575.8	
muestra seca (A) (g)	493.25	493.85	492.99	
peso de la fiola + agua (B) (g)	671.2	667.62	660.29	
volumen del frasco (ml)	500	500	500	
Peso fiola + muestra + agua (g)	986.04	977.82	973.74	
Peso fiola + muestra (g)	674.23	669.65	662.55	
Volumen de agua añadida al frasco (Vq) (ml)	311.81	308.17	311.19	
PEM (g/cm <sup>3</sup> )	2.62	2.57	2.61	2.60
PMSSS (g/cm <sup>3</sup> )	2.66	2.61	2.65	2.64
PEA (g/cm <sup>3</sup> )	2.72	2.66	2.71	2.70
Ab %	1.37	1.25	1.42	1.35

### 3.5. Peso específico y Porcentaje de Absorción del agregado grueso (ASTM C127).

Tabla 30: Resultados de peso específico y porcentaje de absorción de agregado grueso.

<b>Ítem</b>	<b>P 01</b>	<b>P 02</b>	<b>P 03</b>	<b>Prom</b>
Peso muestra saturada (g) (B)	2995	2996	2987.5	2993
Peso muestra seca (g) (A)	2937	2945	2936	2939
Peso muestra sumergida(g) C	1865	1871	1860	1865
PEM (g/cm <sup>3</sup> ) (A/(B-C))	2.60	2.62	2.60	2.61
PMSS(g/cm <sup>3</sup> ) (B/(B-C))	2.65	2.66	2.65	2.65
PEAM (g/cm <sup>3</sup> ) (A/(A-C))	2.74	2.74	2.73	2.74
Absorción % ((B-A)/A*100)	1.97	1.73	1.75	1.82

### 3.6. Peso unitario suelto y compactado del agregado fino y grueso (ASTM C 29).

#### AGREGADO FINO:

*Tabla 31: Resultado de peso unitario suelto de agregado fino.*

<b>SUELTO</b>			
<b>Ítem</b>	P 01	P 02	P 03
<b>P. del agregado + molde (g)</b>	28600	28490	28100
<b>P. del molde (g)</b>	5315	5315	5315
<b>V. del molde (m3)</b>	0.01401	0.01401	0.01401
<b>P. unitario (kg/m3)</b>	1662.03	1654.18	1626.34
<b>P. unitario Promedio (kg/m3)</b>	1647.51		
<b>P unitario Promedio según normativa(kg/m3)</b>	1650		

*Tabla 32: Resultado de peso unitario compactado de agregado fino.*

<b>COMPACTADO</b>			
<b>Ítem</b>	P 01	P 02	P 03
<b>Peso del agregado + molde (g)</b>	30625	30550	30515
<b>Peso del molde (g)</b>	5315	5315	5315
<b>Volumen del molde (m3)</b>	0.01401	0.01401	0.01401
<b>Peso unitario (kg/m3)</b>	1806.57	1801.21	1798.72
<b>P unitario Promedio (kg/m3)</b>	1802.17		
<b>P unitario Promedio según normativa(kg/m3)</b>	1800		

## AGREGADO GRUESO

*Tabla 33: Resultado de peso unitario suelto del agregado grueso.*

<b>SUELTO</b>			
<b>Ítem</b>	P 01	P 02	P 03
<b>P. del agregado + molde (g)</b>	26500	26460	26520
<b>P. del molde (g)</b>	5315	5315	5315
<b>V. del molde (m3)</b>	0.01401	0.01401	0.01401
<b>P. unitario (kg/m3)</b>	1512.13	1509.28	1513.56
<b>P. unitario Promedio (kg/m3)</b>		1511.66	
<b>P unitario Promedio según normativa(kg/m3)</b>		1510	

*Tabla 34: Resultado de peso unitario compactado del agregado grueso.*

<b>COMPACTADO</b>			
<b>Ítem</b>	P 01	P 02	P 03
<b>Peso del agregado + molde (g)</b>	27495	27705	27530
<b>Peso del molde (g)</b>	5315	5315	5315
<b>Volumen del molde (m3)</b>	0.01401	0.01401	0.01401
<b>Peso unitario (kg/cm3)</b>	1583.15	1598.14	1585.65
<b>P unitario Promedio (kg/m3)</b>		1588.98	
<b>P unitario Promedio según normativa(kg/m3)</b>		1590	

### 3.7. Contenido de humedad del agregado fino y grueso (ASTM C 566).

*Tabla 35: Resultados de contenido de humedad del agregado fino.*

<b>CONTENIDO DE HUMEDAD FINO</b>				
<b>Ítem</b>	16/10/19	17/10/19	29/10/19	30/10/19
<b>suelo húmedo, A (g)</b>	1000	1000	1000	1000
<b>suelo seco, B (g)</b>	985	985	995	990
<b>P. molde, C (g)</b>	0	0	0	0
<b>Humedad (%)</b>	1.52	1.52	0.50	1.01

*Tabla 36: Resultados de contenido de humedad del agregado grueso.*

<b>CONTENIDO DE HUMEDAD GRUESO</b>				
<b>Ítem</b>	16/10/19	17/10/19	29/10/19	30/10/19
<b>suelo húmedo, A (g)</b>	1000	1000	1000	1000
<b>suelo seco, B (g)</b>	994	995	995	995
<b>P. molde, C (g)</b>	0	0	0	0
<b>Humedad (%)</b>	0.60	0.50	0.50	0.50

### 3.8. Diseño de Mezcla:

Tabla 37: Resultados de las propiedades de los insumos para el concreto

Descripción Materiales	Propiedades Físicas de los Insumos						PROCEDENCIA
	Peso Específico (kg/m <sup>3</sup> )	Absorción (%)	Humedad (%)	Módulo de Finura	TMN A. G.	PUS (kg/m <sup>3</sup> )	
<b>Cemento</b> <b>USO</b> <b>GENERAL</b>	2980	-	-	-	-	-	Fabricante: CPSSA
- <b>Pacasmayo</b> <b>Micro sílice</b>		-	-	-	-	-	Fabricante: CPSSA
<b>Cascarilla</b> <b>de arroz</b>	2220	-	-	-	-	-	Fabricante: CPSSA
<b>Agua</b>	1000	-	-	-	-	-	Proveedor: Red Pública
<b>Agregado</b> <b>Fino - El</b> <b>Milagro</b>	2600	1.4	1.0	2.2	4.75	1650	Cantera: LEKERSA
<b>Agregado</b> <b>Grueso -</b> <b>El Milagro</b>	2610	1.8	0.5	6.74	3/4	1510	Cantera: LEKERSA

Tabla 38: resultados de la dosificación en kilogramos para el concreto.

INSUMOS	DOSIFICACION DE CONCRETO PESO HUMEDO Kg/m3			
	PATRON	CENIZA DE CASCARILL DE ARROZ (CCA)		
	<b>0%</b>	<b>5%</b>	<b>10%</b>	<b>15%</b>
<b>CEMENTO</b>	409	389	368	348
<b>CCA</b>	0	20	41	61
<b>MATERIAL CEMENTANTE</b>	409	409	409	409
<b>AG. GRUESO</b>	1005	1005	1005	1005
<b>AG. FINO</b>	670	670	670	670
<b>AGUA</b>	220	220	220	220
<b>TOTAL</b>	2304	2304	2304	2304

### 3.9. Resistencia a la Compresión:

❖ Resistencia a la Compresión Patrón

Tabla 39: Resistencia a la Compresión Patrón

DIAS	Resistencia a la Compresión Patrón (Kg/cm <sup>2</sup> )		
	14d	28d	56d
Prob1	212.61	293.02	300.29
Prob2	240.06	285.30	322.48
Prob3	227.47	301.26	325.08
Prob4		294.19	324.30
Prob5		286.01	324.95
Prob6		298.34	324.69
Prob7		290.49	314.50
Prob8		285.30	303.47
Prob9		287.11	314.63
Prob10		290.42	315.67
Prob11		290.75	325.66
Prob12		279.58	320.34
Prob13		288.22	324.49
Prob14		303.73	313.53
Promedio	226.71	290.98	318.15

Gráfica 7: Resistencia Promedio Patrón

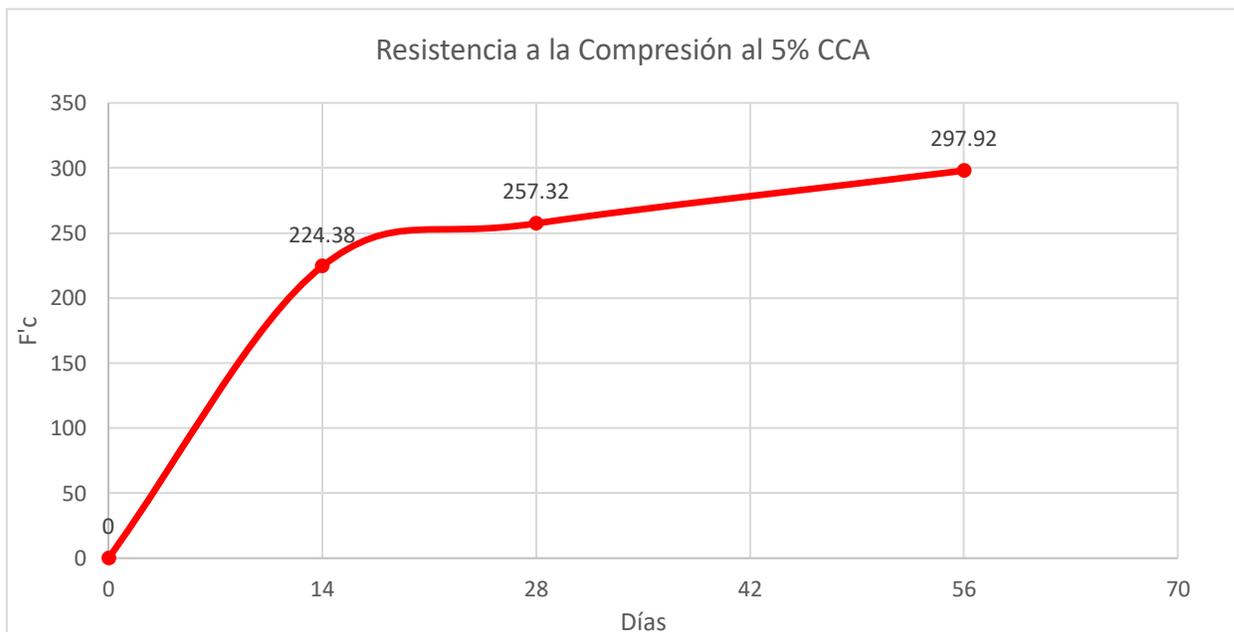


❖ Resistencia a la Compresión 5% CCA

Tabla 40: Resistencia a la Compresión al 5% CCA

DIAS	Resistencia a la Compresión 5% CCA (Kg/cm <sup>2</sup> )		
	14d	28d	56d
Prob1	225.33	254.08	311.45
Prob2	215.14	267.32	314.82
Prob3	232.66	261.41	292.95
Prob4		262.39	289.51
Prob5		264.07	276.34
Prob6		256.81	308.21
Prob7		253.37	308.59
Prob8		261.28	291.20
Prob9		259.40	297.56
Prob10		269.85	301.78
Prob11		248.95	253.37
Prob12		251.94	308.85
Prob13		242.79	309.11
Prob14		248.82	307.10
Promedio	224.38	257.32	297.92

Gráfica 8: Resistencia promedio al 5% CCA

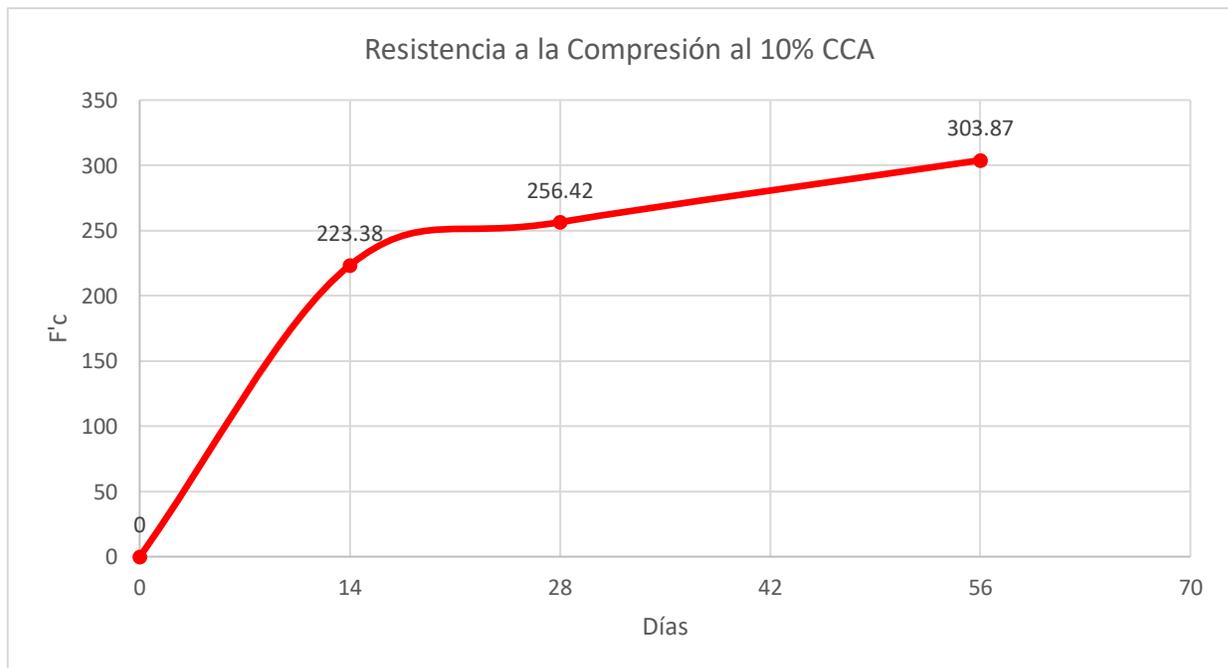


❖ Resistencia a la Compresión 10% CCA

Tabla 41: Resistencia a la Compresión al 10% CCA

DIAS	Resistencia a la Compresión 10% CCA (Kg/cm <sup>2</sup> )		
	14d	28d	56d
Prob1	224.23	267.25	290.88
Prob2	225.07	264.46	281.40
Prob3	220.85	261.87	341.95
Prob4		264.01	318.52
Prob5		252.33	290.03
Prob6		254.92	333.71
Prob7		250.25	290.94
Prob8		255.38	314.57
Prob9		255.44	280.17
Prob10		255.64	304.83
Prob11		254.66	281.86
Prob12		246.36	322.16
Prob13		254.60	311.00
Prob14		252.78	292.17
Promedio	223.38	256.42	303.87

Gráfica 9: Resistencia promedio al 10% CCA

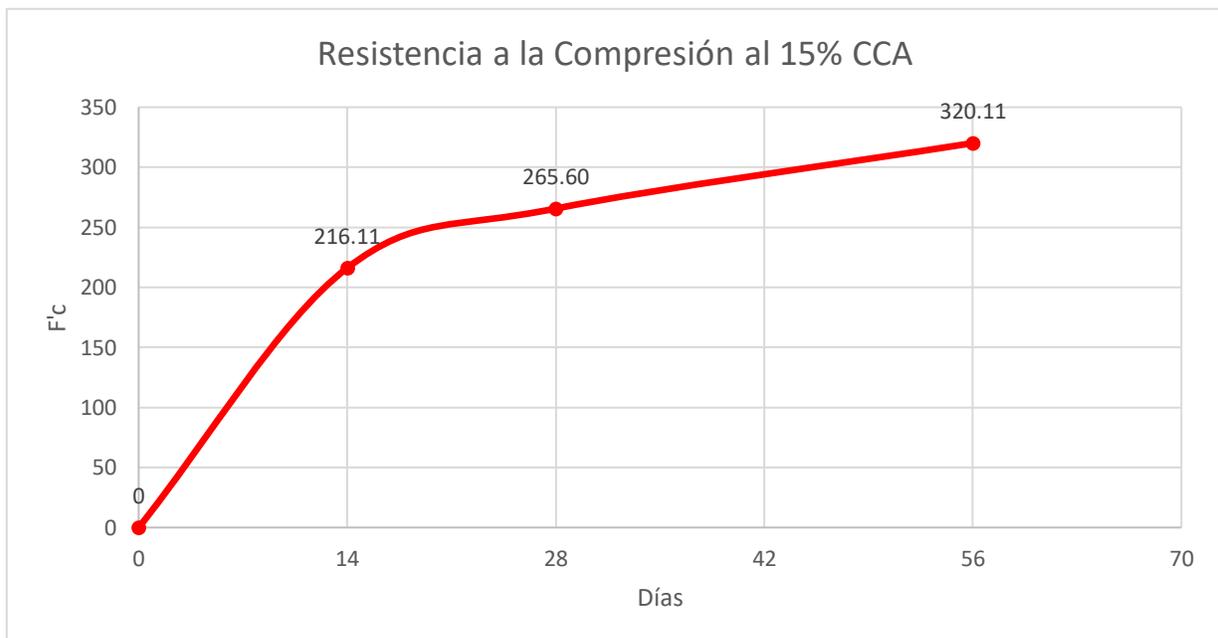


❖ Resistencia a la Compresión 15% CCA

Tabla 42: Resistencia a la compresión 15% CCA.

DIAS	Resistencia a la Compresión 15% CCA (Kg/cm <sup>2</sup> )		
	14d	28d	56d
Prob1	214.82	272.64	320.41
Prob2	216.37	270.56	305.80
Prob3	217.15	268.36	318.33
Prob4		266.93	317.75
Prob5		261.35	322.09
Prob6		259.60	329.82
Prob7		269.33	311.77
Prob8		267.38	311.71
Prob9		264.46	335.53
Prob10		267.38	331.24
Prob11		267.90	317.81
Prob12		269.07	331.63
Prob13		257.84	316.38
Prob14		255.64	311.32
Promedio	216.11	265.60	320.11

Gráfica 10: Resistencia promedio al 15% CCA



- ❖ Comparación de la resistencia a la Compresión a 14 días.

*Tabla 43: Resistencia a la Compresión promedio a 14 días*

<b>Porcentaje de Ceniza de Cascarilla de Arroz.</b>	<b>Resistencia Promedio 14 días</b>
Patrón (0% CCA)	226.71
5% CCA	224.38
10% CCA	223.38
15% CCA	216.11

- ❖ Comparación de la resistencia a la Compresión a 28 días.

*Tabla 44: Resistencia a la Compresión a los 28 días.*

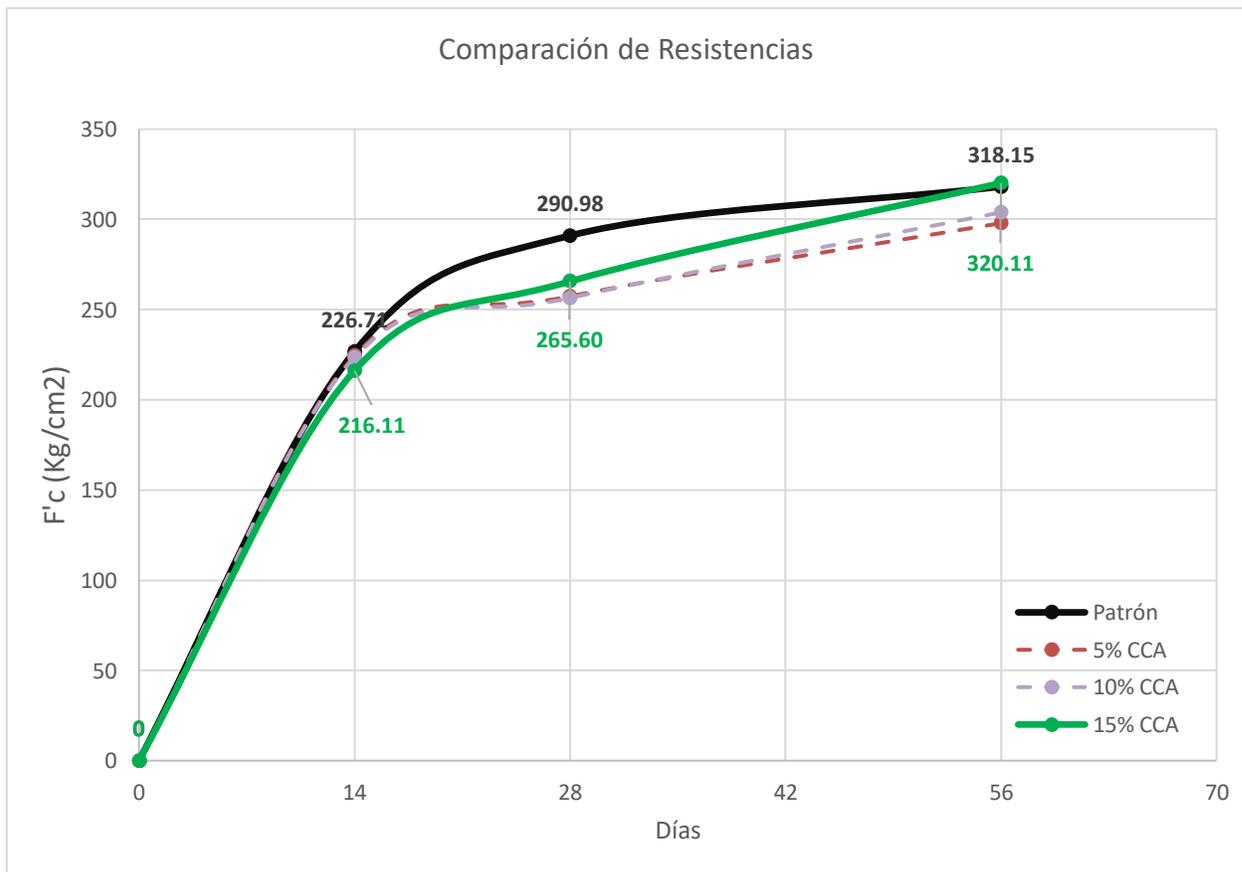
<b>Porcentaje de Ceniza de Cascarilla de Arroz.</b>	<b>Resistencia Promedio 28 Días</b>
Patrón (0% CCA)	290.98
5% CCA	257.32
10% CCA	256.42
15% CCA	265.60

❖ Comparación de la resistencia a la Compresión a 56 días.

Tabla 45: Resistencia a la Compresión a los 56 días

Porcentaje de Ceniza de Cascarilla de Arroz.	Resistencia Promedio 56 Días
Patrón (0% CCA)	318.15
5% CCA	297.92
10% CCA	303.87
15% CCA	320.11

Gráfica 11: Gráfico de resistencias a la compresión de 14, 28,56 días



### 3.10. Profundidad de penetración de agua bajo presión (Norma UNE-EN 12390-8:2009):

Tabla 46: Resultados de ensayo de profundidad de penetración por agua bajo presión.



ENSAYO DE PROFUNDIDAD DE PENETRACION POR AGUA BAJO PRESION UNE EN 12390-8

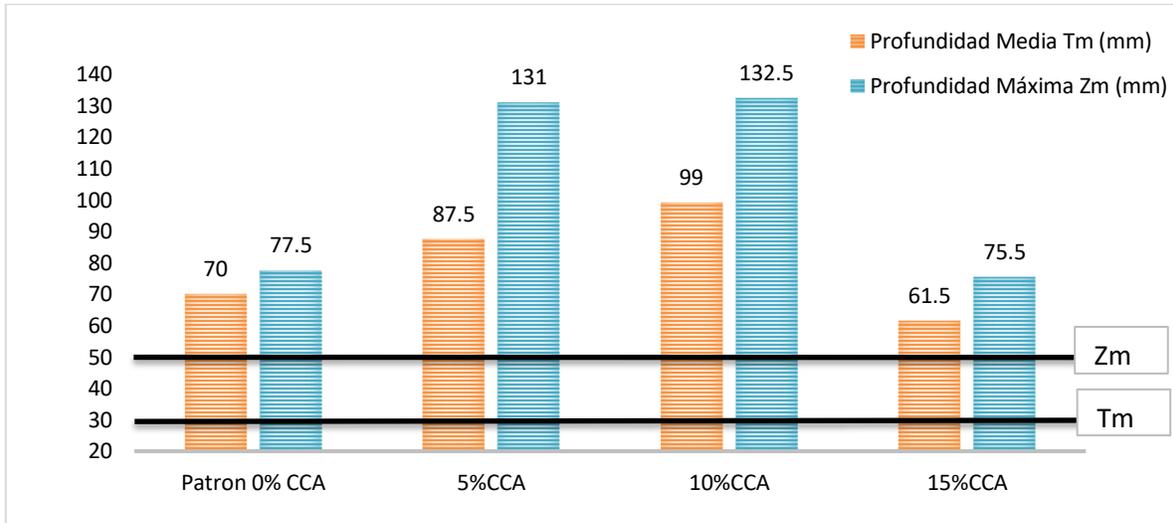
<b>Tesis:</b>		Influencia de la adición de la ceniza de cascarilla de arroz en las propiedades mecánicas de un concreto hidráulico para un pavimento rígido, Trujillo 2020.											
<b>Norma:</b>		<b>EHE-08</b>											
<b>Clase de exposición ambiental:</b>		<b>IIIb (Armados o no)</b>					<b>Fecha de ensayo:</b>			07-12-19			
<b>Solicitante:</b>		Dávila Tantaleán, Jhorson Tirado Teatino, Jan Marco											
Características	Probeta	T1		T2		Z1		Z2		Prof. Media	Prof. Máxima	Zm	Conformidad del Tm y Zm
		Tm	Zm	Tm	Zm	Tm	Zm	Tm	Zm	(mm)	(mm)		
Patron 0% CCA	cilíndrica	67	77	77	80.8	81	72.2	74	74	70	77.5		Tm= No cumple Zm= No cumple
		67	69	73	81.2	81	74	74	74	70	77.5		
5% CCA	cilíndrica	89	85	86	120.81	130	125.5	132	87.5	87.5	131		Tm= No cumple Zm= No cumple
		89	87	86	130.25	130	132.1	132	87.5	87.5	131		
10% CCA	cilíndrica	100	109	109	129.4	129	122.5	136	99	99	132.5		Tm= No cumple Zm= No cumple
		78	109	109	120.4	129	135.9	136	99	99	132.5		
15% CCA	cilíndrica	67	57	63	72.5	73	69.8	78	61.5	61.5	75.5		Tm= No cumple Zm= No cumple
		54	69	63	65.8	73	78.3	78	61.5	61.5	75.5		

Tabla 47: Profundidad máxima y media de penetración según clase de exposición ambiental.

Clases de exposición ambiental	profundidad Máxima de penetración (mm)	Profundidad media de penetración (mm)
IIIa, IIIb, IV, Qa, E, H, F, Qb (en el caso de elementos armados o en masa)	50 mm	30 mm
IIIc, Qc, Qb (sólo en el caso de elementos pretensados)	30 mm	20 mm

Fuente: instrucción EHE-08

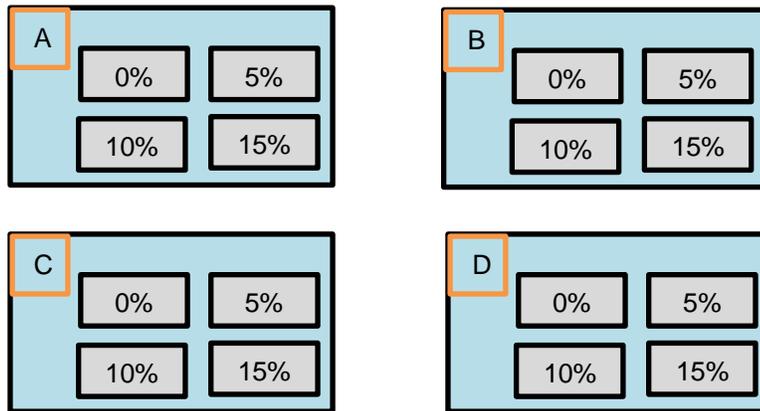
Gráfica 12: Profundidad Media  $T_m$  y Profundidad Máxima  $Z_m$  (mm)



En la gráfica 12 de profundidad media y profundidad máxima, se observa que ninguna de las probetas ensayadas cumple con lo especificado en la norma EHE-08, ver tabla 47, además se ve que las probetas patrón y la de 15% de CCA tienen una relación en cuanto a sus resultados de 70 mm y 61.5 mm para profundidad media y 77.5 mm y 75.5 mm en cuanto a profundidad máxima.

### 3.11. Velocidad de succión capilar

Para el siguiente ensayo se realizó 4 repeticiones las cuales se ordenaron de la siguiente manera:



*Ilustración 2: Posicionamiento en las bandejas de las probetas ensayadas*

#### ❖ Probetas “A”

*Tabla 48: Capacidad de succión capilar probetas "A".*

Tiempo (h)	Tiempo (seg <sup>1/2</sup> )	Patrón A 0% CCA (g/m <sup>2</sup> )	5%A CCA (g/m <sup>2</sup> )	10%A CCA (g/m <sup>2</sup> )	15%A CCA (g/m <sup>2</sup> )
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.16	24.49	140.44	118.22	112.00	71.11
0.33	34.64	213.33	171.56	168.89	132.44
0.5	42.43	272.00	217.78	210.67	198.93
1	60.00	350.22	261.33	245.33	240.00
2	84.85	431.11	358.22	295.11	288.89
3	103.92	491.56	393.78	333.33	361.78
4	120.00	534.22	466.67	413.33	416.89
5	134.16	584.89	504.00	464.89	457.78
6	146.97	622.22	550.22	509.33	501.33
24	293.94	713.78	600.00	559.11	528.00
48	415.69	762.67	655.11	609.78	550.22
72	509.12	779.56	712.00	660.44	616.89

Gráfica 13: Velocidad de succión capilar de las probetas "A".

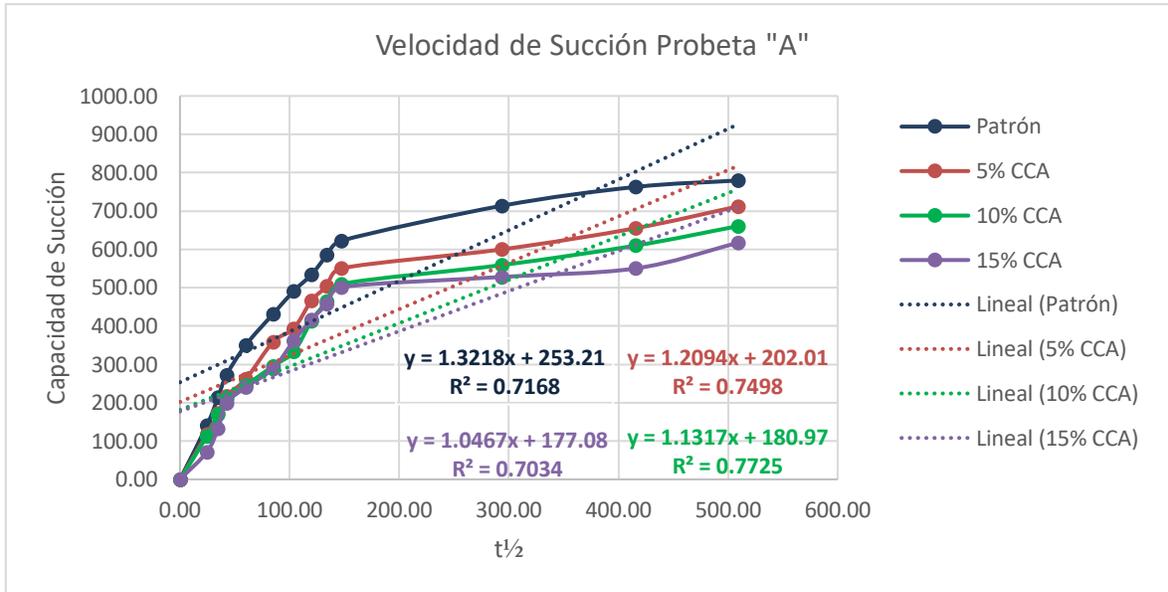


Tabla 49: Resumen de velocidad y succión capilar de las probetas "A".

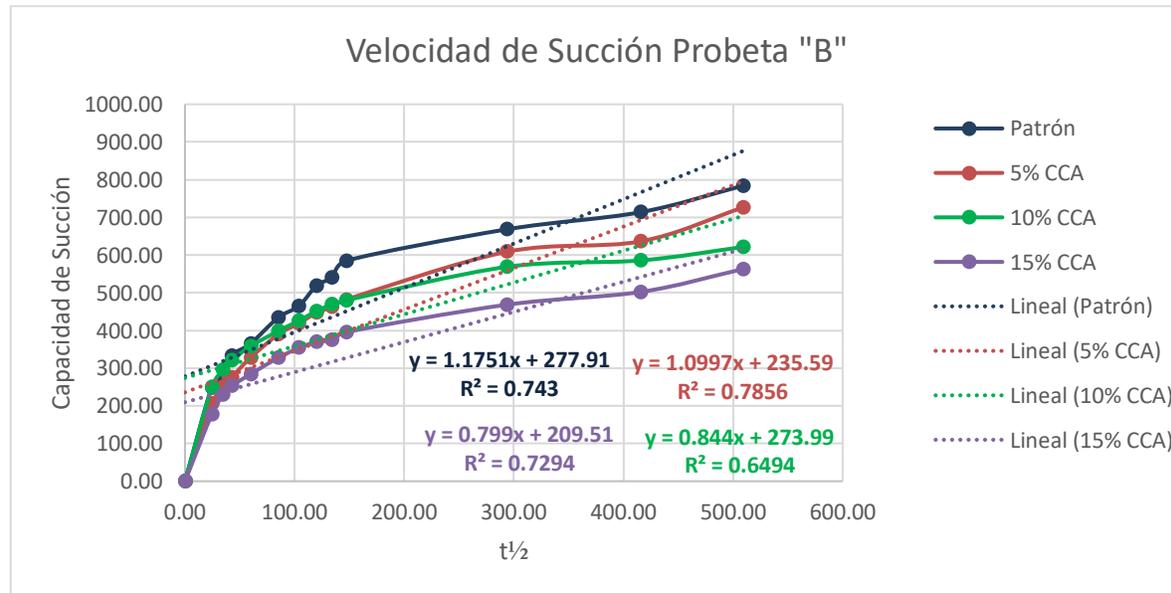
Muestra	Velocidad [g/(m <sup>2</sup> .s <sup>1/2</sup> )]	Capacidad (g/m <sup>2</sup> )
Patrón 0% CCA	1.32	779.56
5% CCA	1.21	712.00
10% CCA	1.13	660.44
15% CCA	1.05	616.89

❖ Probetas "B"

Tabla 50: Capacidad de succión capilar probetas "B".

Tiempo (h)	Tiempo (seg <sup>1/2</sup> )	Patrón B 0% CCA (g/m <sup>2</sup> )	5%B CCA (g/m <sup>2</sup> )	10%B CCA (g/m <sup>2</sup> )	15%B CCA (g/m <sup>2</sup> )
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.16	24.49	248.89	205.33	249.78	177.78
0.33	34.64	272.00	249.78	296.00	229.33
0.5	42.43	332.44	275.56	320.00	252.44
1	60.00	365.33	328.00	358.22	284.44
2	84.85	433.78	389.33	398.22	327.11
3	103.92	464.89	418.67	425.78	353.78
4	120.00	519.11	447.11	451.56	369.78
5	134.16	540.44	462.22	469.33	374.22
6	146.97	584.89	481.78	480.00	395.56
24	293.94	668.44	608.89	568.89	468.44
48	415.69	713.78	636.44	585.78	502.22
72	509.12	784.00	726.22	621.33	562.67

Gráfica 14: Velocidad de succión capilar de las probetas "B".



*Tabla 51: Resumen de velocidad y capacidad de succión capilar de las probetas "B".*

<b>Muestra</b>	<b>Velocidad [g/(m<sup>2</sup>.s<sup>1/2</sup>)]</b>	<b>Capacidad (g/m<sup>2</sup>)</b>
Patrón 0% CCA	1.18	784.00
5% CCA	1.1	726.22
10% CCA	0.84	621.33
15% CCA	0.79	562.67

❖ **Probetas "C"**

*Tabla 52: Capacidad de succión capilar probetas "C".*

<b>Tiempo (h)</b>	<b>Tiempo (seg<sup>1/2</sup>)</b>	<b>Patrón C 0% CCA (g/m<sup>2</sup>)</b>	<b>5%C CCA (g/m<sup>2</sup>)</b>	<b>10%C CCA (g/m<sup>2</sup>)</b>	<b>15%C CCA (g/m<sup>2</sup>)</b>
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.16	24.49	202.67	164.44	147.56	139.56
0.33	34.64	223.11	183.11	172.44	151.11
0.5	42.43	256.89	225.78	202.67	200.00
1	60.00	286.22	269.33	237.33	234.67
2	84.85	330.67	309.33	264.89	259.56
3	103.92	355.56	335.11	288.00	298.67
4	120.00	381.33	353.78	302.22	328.00
5	134.16	430.22	366.22	329.78	360.00
6	146.97	477.33	421.33	376.89	394.67
24	293.94	543.11	499.56	468.44	452.44
48	415.69	619.56	595.56	526.22	494.22
72	509.12	688.00	632.89	610.67	572.44

Gráfica 15: Velocidad de succión capilar de las probetas "C".

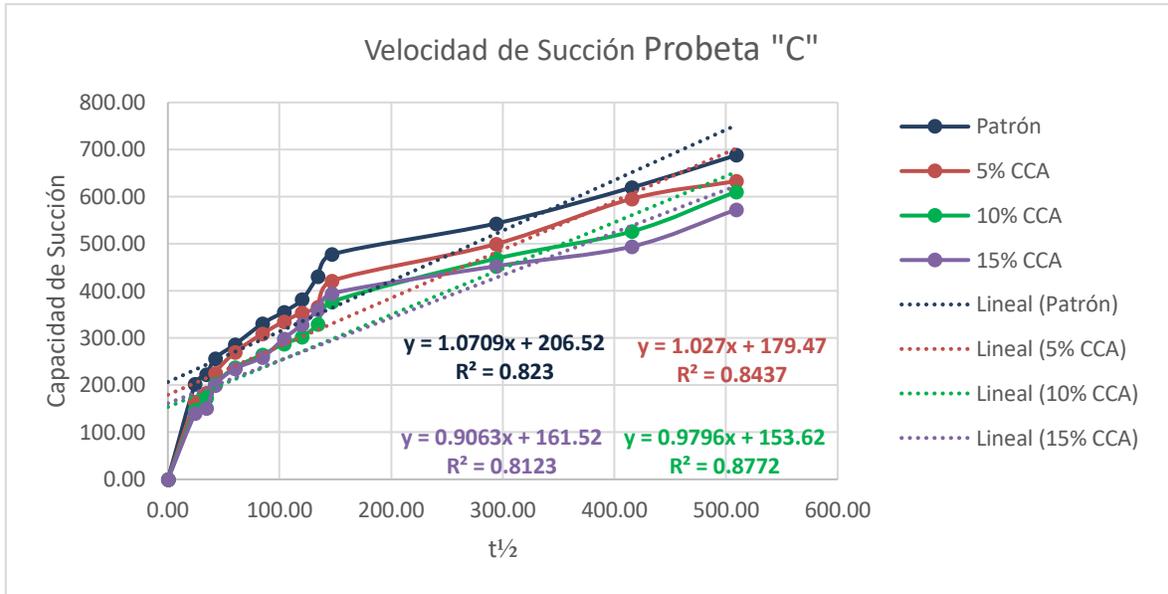


Tabla 53: Resumen de velocidad y capacidad de succión capilar de las probetas "C".

Muestra	Velocidad [g/(m <sup>2</sup> .s <sup>1/2</sup> )]	Capacidad (g/m <sup>2</sup> )
Patrón 0% CCA	1.07	688.00
5% CCA	1.02	632.89
10% CCA	0.98	610.67
15% CCA	0.91	572.44

❖ Probetas “D”

Tabla 54: Capacidad de succión capilar probetas "D".

Tiempo (h)	Tiempo (seg <sup>1/2</sup> )	Patrón D 0% CCA (g/m <sup>2</sup> )	5%D CCA (g/m <sup>2</sup> )	10%D CCA (g/m <sup>2</sup> )	15%D CCA (g/m <sup>2</sup> )
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.16	24.49	197.33	157.33	119.11	30.22
0.33	34.64	244.44	214.22	162.67	99.56
0.5	42.43	365.33	253.33	196.44	122.67
1	60.00	389.33	320.89	224.00	187.56
2	84.85	423.11	381.33	272.00	253.33
3	103.92	464.89	421.33	300.44	296.00
4	120.00	511.11	454.22	329.78	345.78
5	134.16	629.33	478.22	398.22	382.22
6	146.97	650.67	503.11	443.56	444.44
24	293.94	775.11	679.11	557.33	470.22
48	415.69	846.22	736.00	605.33	544.00
72	509.12	950.22	819.56	745.78	602.67

Gráfica 16: Velocidad de succión capilar de las probetas “D”.

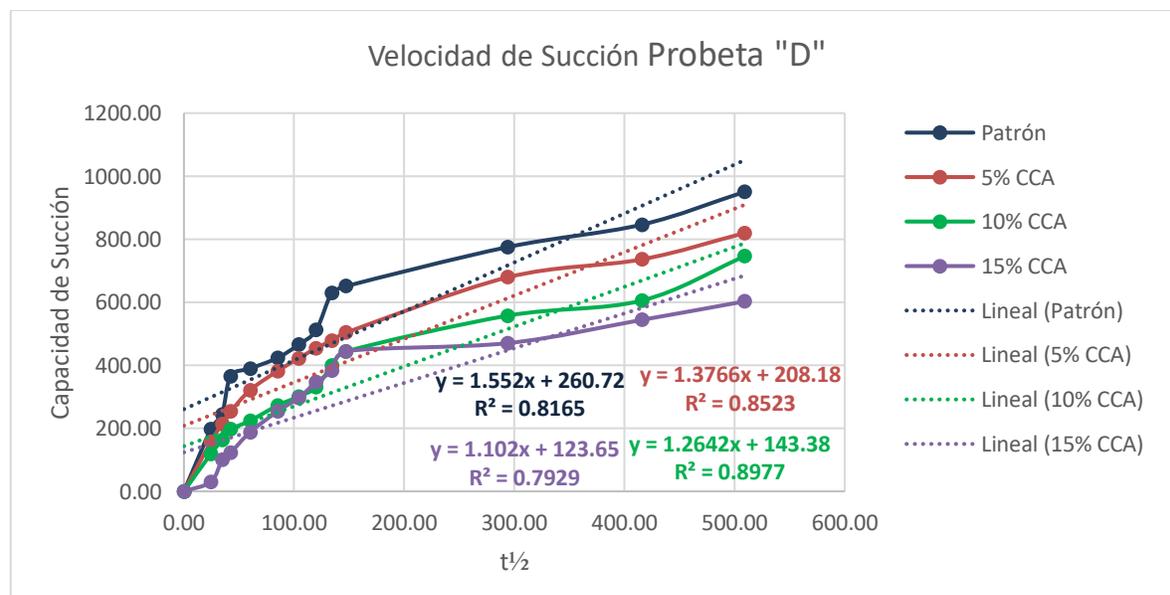


Tabla 55: Resumen de velocidad y capacidad de succión capilar de las probetas "D".

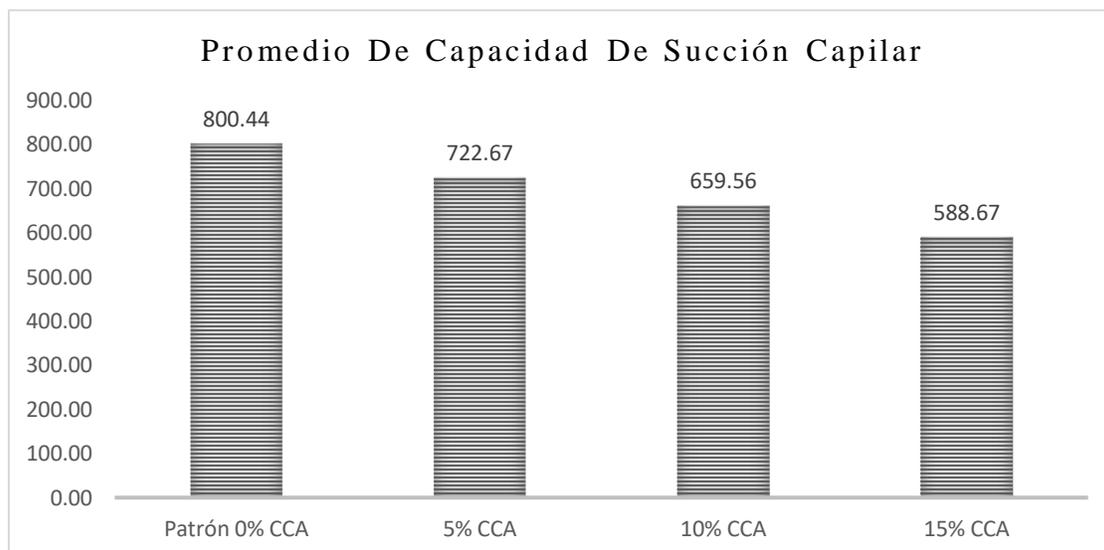
Muestra	Velocidad [g/(m <sup>2</sup> .s <sup>1/2</sup> )]	Capacidad (g/m <sup>2</sup> )
Patrón 0% CCA	1.55	950.22
5% CCA	1.38	819.56
10% CCA	1.26	745.78
15% CCA	1.1	602.67

❖ Promedio de la velocidad y capacidad de succión capilar

Tabla 56: Promedio de velocidad y capacidad de succión capilar

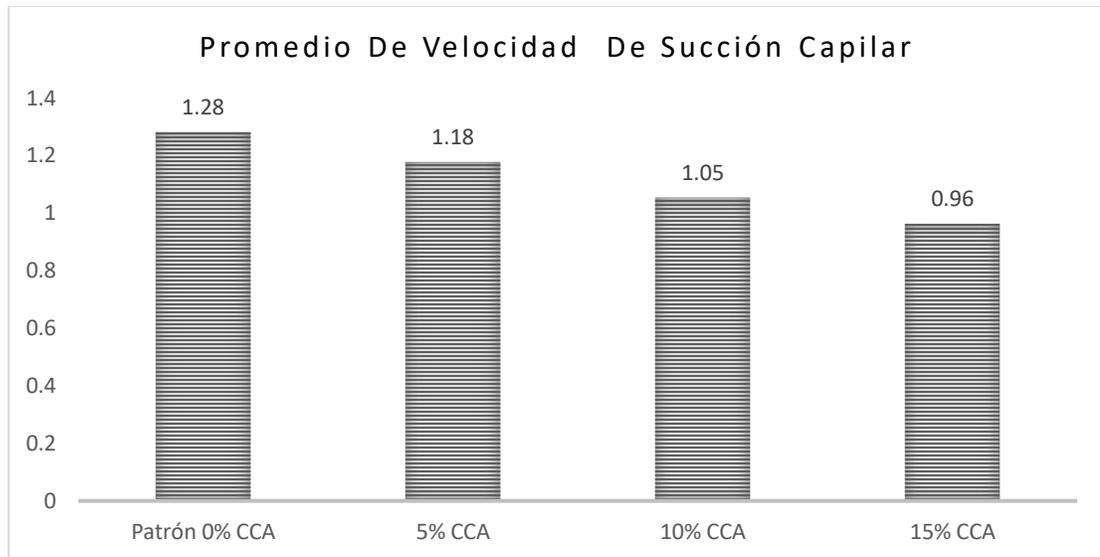
Muestra	Velocidad [g/(m <sup>2</sup> .s <sup>1/2</sup> )]	Capacidad (g/m <sup>2</sup> )
Patrón 0% CCA	1.28	800.44
5% CCA	1.18	722.67
10% CCA	1.05	659.56
15% CCA	0.96	588.67

Gráfica 17: Promedio de capacidad de succión capilar



En la gráfica 17 se puede apreciar que la capacidad de succión capilar disminuye en 9.72% añadiendo 5% de CCA, así mismo se reduce en un 17.6% añadiendo 10% de CCA y en un 26.46% añadiendo 15% de CCA.

*Gráfica 18: Promedio de velocidad de succión capilar*



En la gráfica 18 se puede apreciar que la velocidad de succión capilar disminuye en un 8.01% añadiendo 5% de CCA, así mismo se reduce en un 17.77% añadiendo un 10% de CCA y en un 24.80% añadiendo 15% de CCA.

### 3.12. Comparación de costos de la probeta patrón (0% CCA) y la probeta con (15% CCA).

*Tabla 57: Costos de material cementante sin CCA*

INSUMOS	COSTO Kg/m3		
	PATRON	SOLES S/.	TOTAL S/.
CEMENTO	409	0.50	204.50
CCA	0	0.00	0.00
<b>MATERIAL CEMENTANTE</b>	409		204.50

*Tabla 58: Costo de material cementante con el 15% de CCA*

INSUMOS	COSTO Kg/m3			AHORRO S/.
	15%	SOLES S/.	TOTAL S/.	
<b>CEMENTO</b>	348	0.500	174.00	
<b>CCA (Agrenogocios Kimaju)</b>	61	0.000	0.00	
<b>FLETE</b>	61	0.075	4.58	20.62
<b>PULVERIZACION</b>	61	0.087	5.31	
<b>MATERIAL CEMENTANTE</b>	409		185.41	

*Tabla 59: Costo de material cementante con 15% de CCA*

INSUMOS	COSTO Kg/m3			AHORRO S/.
	15%	SOLES S/.	TOTAL S/.	
<b>CEMENTO</b>	348	0.500	174.00	
<b>CCA (Agrenogocios Kimaju)</b>	61	0.250	15.25	
<b>FLETE</b>	61	0.075	4.58	5.37
<b>PULVERIZACION</b>	61	0.087	5.31	
<b>MATERIAL CEMENTANTE</b>	409		199.13	

### 3.13. Análisis Estadístico.

La prueba de normalidad (Shapiro-Wilk), nos dice que los datos obtenidos deben presentar una distribución normal ya que esto nos permite calcular la probabilidad de que varios valores ocurran dentro de cierto rango permisible, de no presentar esta forma de distribución, significaría que los datos difieren entre si de una manera muy desigual el cual no nos permitirá realizar el análisis de la varianza, este rango está determinado por el nivel de significancia (este valor debe ser mayor a 0.05 para presentar una distribución normal).

Tabla 60: Prueba de Normalidad para 14 días

Mezcla		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Resistencia 14	Resistencia Patrón	,998	3	<b>,909</b>
Días	Resistencia Patrón + 5% CCA	,991	3	<b>,821</b>
	Resistencia Patrón + 10% CCA	,892	3	<b>,361</b>
	Resistencia Patrón + 15% CCA	,965	3	<b>,640</b>

Gráfica 19: Histograma de la distribución normal para 14 días

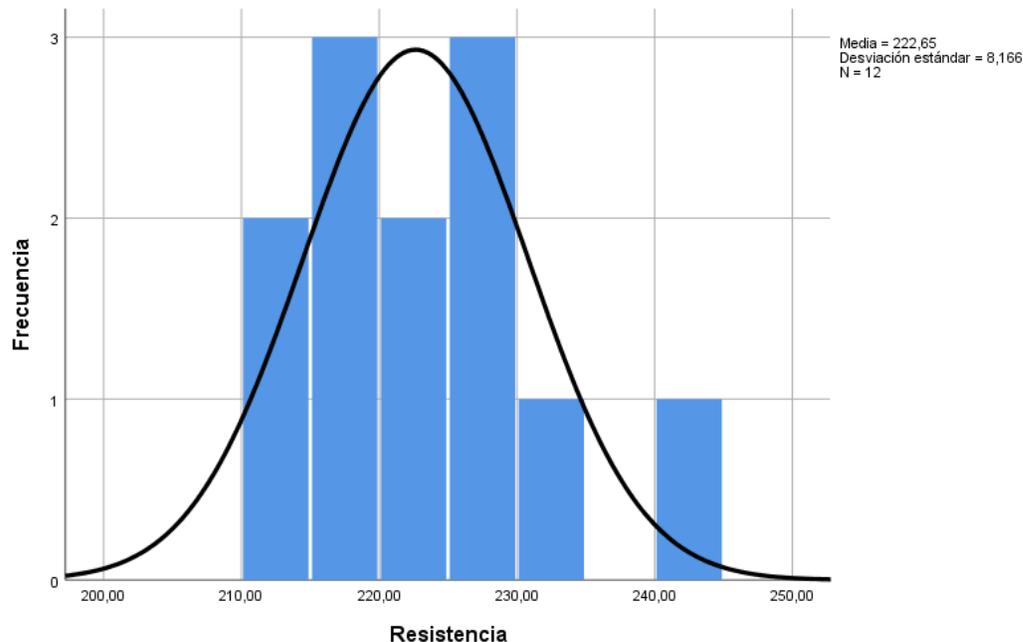


Tabla 61: Prueba de Normalidad para 28 días

	Mezcla	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Resistencia 28 Días	Resistencia Patrón	,959	14	,714
	Resistencia Patrón + 5% CCA	,980	14	,973
	Resistencia Patrón + 10% CCA	,924	14	,253
	Resistencia Patrón + 15% CCA	,910	14	,158

Gráfica 20: Histograma de la distribución normal para 28 días

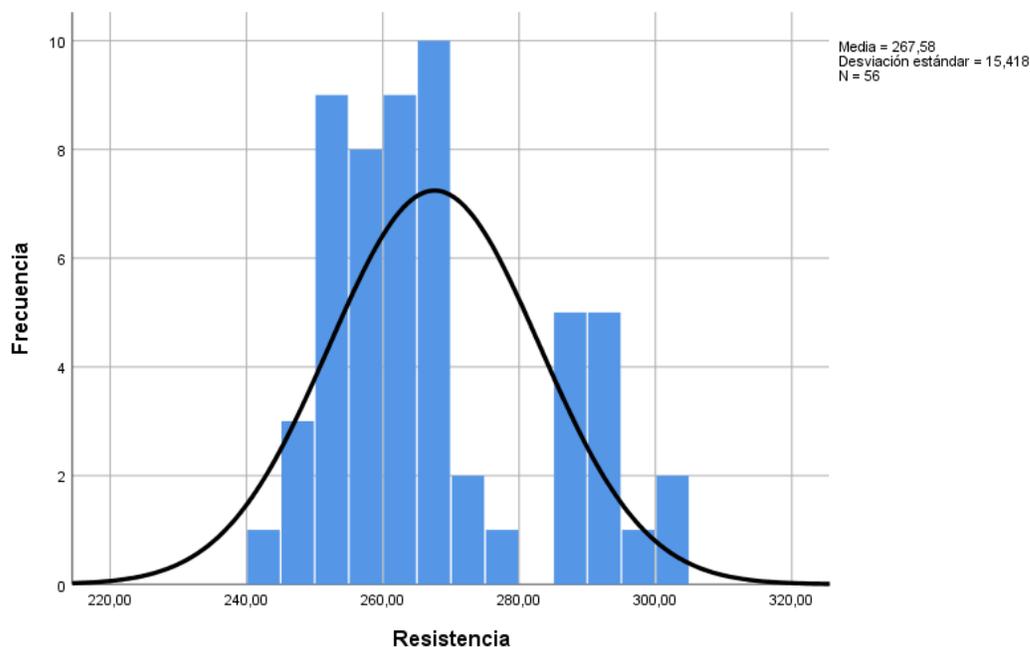
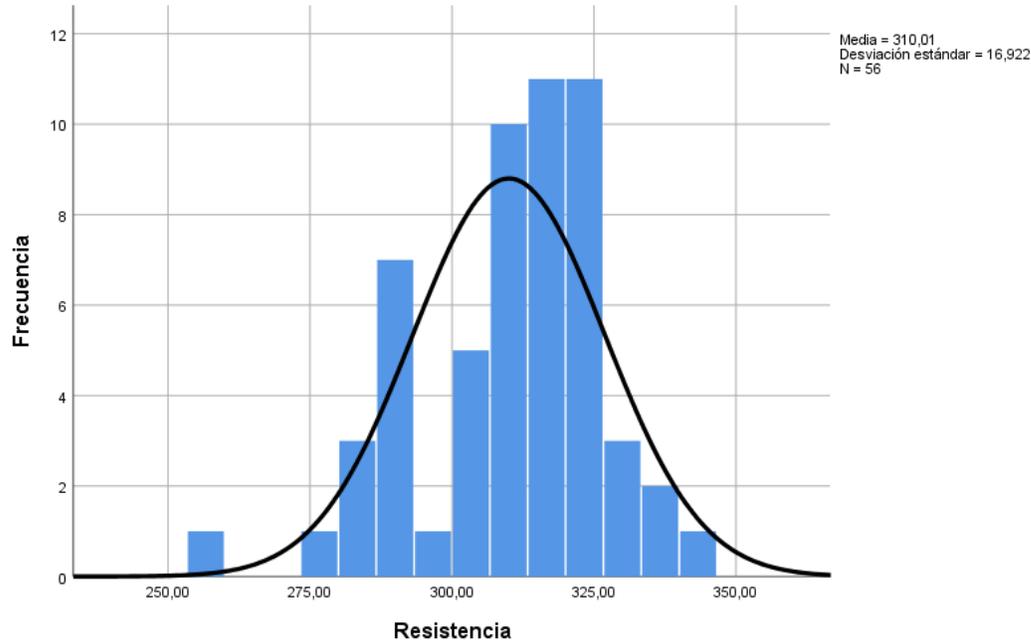


Tabla 62: Prueba de Normalidad para 56 días

	Mezcla	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Resistencia 56 días	Resistencia Patrón	,829	14	,111
	Resistencia Patrón + 5% CCA	,828	14	,111
	Resistencia Patrón + 10% CCA	,918	14	,202
	Resistencia Patrón + 15% CCA	,941	14	,426

Gráfica 21: Gráfica 20: Histograma de la distribución normal para 56 días



La prueba de la Homogeneidad de la varianza (Alpha de cronbach), nos mide el grado de confiabilidad del análisis entre dos grupos de estudios, es decir que nos da el grado de confianza que presentan los resultados al momento de hacer la comparación. La confiabilidad para temas de investigación que no impliquen tomar decisiones sobre las personas, es como mínimo un 70%.

Tabla 63: Prueba de Homogeneidad de la Varianza para 14 días

	Codificación	Alpha de Cronbach	
Confiabilidad 14 días		gl	Sig.
	Resistencia Patrón	3	<b>,765</b>
<b>Diseño de Mezcla</b>	Resistencia Patrón + 5%	3	<b>,825</b>
	Resistencia Patrón + 10%	3	<b>,751</b>
	Resistencia Patrón + 15%	3	<b>,770</b>

Tabla 64: Prueba de Homogeneidad de la Varianza para 28 días

Confiabilidad 28 días	Codificación	Alpha de Cronbach	
		gl	Sig.
<b>Diseño de Mezcla</b>	Resistencia Patrón	14	<b>,820</b>
	Resistencia Patrón + 5%	14	<b>,734</b>
	Resistencia Patrón + 10%	14	<b>,879</b>
	Resistencia Patrón + 15%	14	<b>,718</b>

Tabla 65: Prueba de Homogeneidad de la Varianza para 56 días

Confiabilidad 56 días	Codificación	Alpha de Cronbach	
		Gl	Sig.
<b>Diseño de Mezcla</b>	Resistencia Patrón	14	<b>,876</b>
	Resistencia Patrón + 5%	14	<b>,820</b>
	Resistencia Patrón + 10%	14	<b>,749</b>
	Resistencia Patrón + 15%	14	<b>,762</b>

El HSD Tukey o análisis de la varianza (ANOVA), nos dice que los grupos de estudios presentan variación en comparación con un grupo en específico, este método divide en subgrupos para ver qué tantas incidencias presentan el grupo fijo en comparación con los otros grupos. De esta manera se puede observar si de verdad la variable independiente tiene influencia sobre la variable dependiente. En conjunto con la F de Fisher se puede concluir en que grupo tiene mayor incidencia.

Tabla 66: Análisis de Varianza a 14 días

Resistencia		
Mezcla	N	Subconjunto para alfa = 0.05 1
Resistencia Patrón + 15% CCA	3	216,1133
Resistencia Patrón + 10% CCA	3	223,3833
Resistencia Patrón + 5% CCA	3	224,3767
Resistencia Patrón	3	226,7133

Se observó que a la edad de 14 días la significancia de los resultados no muestra cual porcentaje es el óptimo a desarrollarse debido a que las resistencias son muy similares y el Anova lo agrupa a uno solo

Tabla 67: Análisis de Varianza a 28 días

Resistencia				
Mezcla	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
Resistencia Patrón + 10% CCA	14	256,4250		
Resistencia Patrón + 5% CCA	14	257,3200		
Resistencia Patrón + 15% CCA	14		265,6029	
Resistencia Patrón	14			290,9800

A la edad de 28 días se observó que el concreto patrón (aún tiene una mayor incidencia, pero al ser el grupo de control) se tomó en cuenta la resistencia con el 15% de CCA como el que tiene mayor incidencia en los resultado por ende se concluye que es el más óptimo

Tabla 68: Análisis de Varianza a 56 días

Mezcla	N	Resistencia	
		Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Resistencia Patrón + 5% CCA	14	297,9171	
Resistencia Patrón + 10% CCA	14	303,8707	
Resistencia Patrón	14		318,1393
Resistencia Patrón + 15% CCA	14		320,1136

Como se observó ya mantiene la tendencia a la edad de 56 días el concreto con 15% de CCA obtiene un mejor resultado por ende se concluye mediante la prueba estadística Anova que el diseño del concreto +15% del CCA brinda un mejor resultado

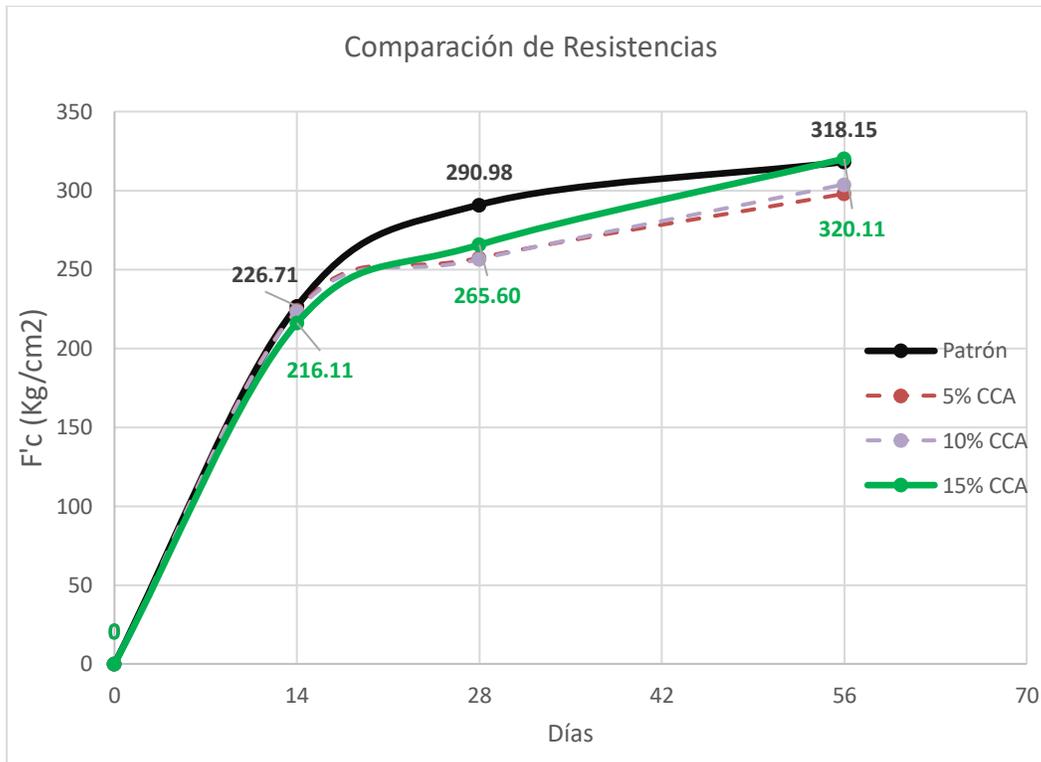
# CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

A continuación, se presenta la discusión, conclusiones y las recomendaciones con respecto a lo que se encontró en los resultados de esta tesis.

#### 4.1. Discusión.

En la grafico se representan los valores de las resistencias a la compresión que alcanza el concreto patrón convencional y el concreto con adición de ceniza de cascarilla de arroz.

Gráfica 22: Evaluación de la Resistencia a la Compresión.



En el gráfico se observa los cambios de la resistencia a la compresión de las probetas.

Para una edad de curado de 14 días: El concreto patrón tuvo una resistencia a la compresión de 226.71 kg/cm<sup>2</sup>, para el concreto con el 5% de ceniza de cascarilla de arroz tuvo una resistencia a la compresión 224.38 kg/cm<sup>2</sup>, para el 10% tuvo 223.38 kg/cm<sup>2</sup>, para el 15% tuvo 216.11 kg/cm<sup>2</sup>.

Para una edad de curado de 28 días: El concreto patrón tuvo una resistencia a la compresión de 290.98 kg/cm<sup>2</sup>, para el concreto con el 5% de ceniza de cascarilla de arroz tuvo una resistencia a la compresión 257.32 kg/cm<sup>2</sup>, para el 10% tuvo 256.42 kg/cm<sup>2</sup>, para el 15% tuvo 265.60 kg/cm<sup>2</sup>.

Para una edad de curado de 56 días: El concreto patrón tuvo una resistencia a la compresión de 318.15 kg/cm<sup>2</sup>, para el concreto con el 5% de ceniza de cascarilla de arroz tuvo una resistencia a la compresión 297.92 kg/cm<sup>2</sup>, para el 10% tuvo 303.87 kg/cm<sup>2</sup>, para el 15% tuvo 320.11 kg/cm<sup>2</sup>.

Como podemos analizar los datos de la resistencia a la compresión de 14, 28 y 56 días de curado, la adición de ceniza de cascarilla de arroz en un 5% y el 10% no alcanzan la resistencia a la compresión de las probetas patrón, en cambio las probetas del 15% igualan y superan la resistencia a la compresión de las probetas patrón a los 56 días de curado.

Según Beltrán & Ccama (2017) en su tesis “Análisis Comparativo De Concretos Adicionados Con Puzolanas Artificiales De Ceniza De Cascarilla De Arroz (Cca), Fly Ash Y Puzolana Natural” encontraron que el porcentaje optimo de CCA es el 20%, con este porcentaje la resistencia a la compresión supera al diseño patrón en un 4.05% a una edad de 60 días.

En la presnete investigación se puede obrservar que al adicionar CCA en un 15% a los 56 días, tiene un incremento en la resistencia a la compresión del 0.62%.

#### 4.2. Conclusiones.

- ❖ La adición de ceniza de cascarilla arroz influye positivamente en las propiedades mecánicas del concreto hidráulico para pavimento rígido.
- ❖ A partir de los datos obtenidos en los ensayos de resistencia a la compresión (NTP 339.034), velocidad de succión capilar (IRAM 1871) y profundidad de penetración de agua bajo presión (Norma UNE-EN 12390-8:2009) se concluye que el diseño patrón (0% CCA) llega resistir una carga de 318.15 kg/cm<sup>2</sup> a una edad de 56 días, además se encontró que la velocidad de succión capilar del diseño patrón (0% CCA) fue de 1.28 [g/(m<sup>2</sup>.s<sup>1/2</sup>)]. También se encontró que el diseño patrón (0% CCA) la profundidad media y profundidad máxima son 70 y 77.5 mm respectivamente.
- ❖ A partir de los ensayos realizados con la utilización de Ceniza de Cascarilla de arroz (CCA) se concluye que la resistencia a la Compresión del diseño al 5%, 10% y 15% (CCA) a los 56 días son de 297.92 kg/cm<sup>2</sup>, 303.87 Kg/cm<sup>2</sup> y 320.11 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente, además se encontró que la velocidad de succión capilar del diseño al 5%, 10% y 15% de CCA fue de 1.18 [g/(m<sup>2</sup>.s<sup>1/2</sup>)], 1.05 [g/(m<sup>2</sup>.s<sup>1/2</sup>)] y 0.96 [g/(m<sup>2</sup>.s<sup>1/2</sup>)] respectivamente. También se encontró que la profundidad media y profundidad máxima de los diseños 5%, 10%, 15% de CCA son 87.5 y 131 mm; 99 y 132.5 mm; 61.5 y 75.5 mm respectivamente.
- ❖ Después de realizar todos los ensayos se concluye que al añadir el 15% de CCA se logra la máxima resistencia a la compresión con respecto al diseño patrón, además se encontró que la velocidad de succión capilar disminuye al agregar más material Puzolánico. También se encontró que el diseño patrón y el de 15% de CCA guardan relación en sus resultados de 70 y 61.5 mm para profundidad media y 77.5 y 75.5 mm en cuanto a profundidad máxima.
- ❖ Finalmente se hizo una comparación de costos del material, se comprobó que al utilizar el 15% de CCA se ahorra S/. 5.37 por m<sup>3</sup>.

## REFERENCIAS

- Acosta, L. (2014). *Análisis comparativo de resistencia a compresión de bloques huecos de concreto con la adición de fibra de polopropileno*. Tesis, Caracas-Venezuela.
- Beltrán, K., & Ccama, F. (2017). Analisis corporativo de concreto adicionados con puzolanas artificiales de ceniza de cascarilla de arroz (CCA), FLY ASH y puzolana natural. Arequipa, Peru.
- Bustamante Romero, I. G. (2017). *Estudio de la correlación entre la relación agua/cemento y la permeabilidad al agua de concretos usuales en el Perú*. Lima.
- Caballero, B., & Florez, O. (2016). *Elaboración de bloques de Cemento reutilizando el plástico polietilen-tereftalato (PET) como alternativa sostenible para la construcción*. Cartagena.
- CICLO. (2018). *CICLO PRODUCTOS ÁRIDOS RECICLADOS*. Obtenido de <https://ciclo.com.pe/contacto/>
- ECOSUR. (2019). *ECOSUR OUTH*. Obtenido de <https://www.ecosur.org/index.php/es/ecomateriales/cemento-puzolanico>
- Fernandez, L., & Trezza, M. (2007). Estudio de la Aptitud del Loess Pampeano como Adición Activa al Cemento Portland. *Revista de la Construcción*, VI, 4-12.
- Mariluz Pajuelo, M. V., & Ulloa Ponce, J. J. (2018). *Uso de las cenizas volantes de carbón exedentes de la central termoeléctrica Ilo21-Moquegua como adición para mejorar las propiedades del concreto: Resistencia a la Compresión, Absorción, Manejabilidad y Temperatura*. Nuevo Chimbote.
- Mas, J., & Kirschbaum, C. (2011). Ensayos de resistencia a la compresión de bloques de suelo cemento. *Informes de la construcción*, 63(524), 43-48.
- Mattey, P. E., Robayo, R. A., Díaz, J. E., Delvasto, S., & Monzó, J. (Enero de 2015). Aplicación de Ceniza de cascarilla de Arroz obtenida de un proceso Agro-Industrial para la Fabricación de Bloques en Concreto no Estructurales. *Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales*. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/277329678\\_APLICACION\\_DE\\_CENIZA\\_DE\\_CASCARILLA\\_DE\\_ARROZ\\_OBTENIDA\\_DE\\_UN\\_PROCESO\\_AGRO-INDUSTRIAL\\_PARA\\_LA\\_FABRICACION\\_DE\\_BLOQUES\\_EN\\_CONCRETO\\_NO\\_ESTRUCTURALES](https://www.researchgate.net/publication/277329678_APLICACION_DE_CENIZA_DE_CASCARILLA_DE_ARROZ_OBTENIDA_DE_UN_PROCESO_AGRO-INDUSTRIAL_PARA_LA_FABRICACION_DE_BLOQUES_EN_CONCRETO_NO_ESTRUCTURALES)
- Montero Trujillo, D. A. (18 de Mayo de 2017). *Uso de la Ceniza de Cascarilla de Arroz como Reemplazo Parcial del Cemento en la Fabricación de Hormigones Convencionales en el Ecuador*. Obtenido de file:///C:/Users/JHORSON/Downloads/131188.pdf
- Muñoz Solano, R. (2017). *Estudio comparativo de concreto elaborado con puzolana natural y concreto con cemento puzolanicos atlas en la ciudad de Huancayo*. Huancayo.
- Norma E.070. (2009). En *Reglamento Nacional de Edificaciones*.
- NORMA TECNICA PERUANA NTP 400.037. (2014). *AGREGADOS*. Especificaciones normalizadas para agregados en concreto. Lima, Perú.
- Quiroz, M. V., & Salamanca, L. E. (2006). *Apoyo didáctico para la enseñanza y aprendizaje en la asignatura de "Tecnología del Hormigon"*. Cochabamba, Bolivia.
- Risco, E. A. (2016). *Comparación de la Trabajabilidad y Resistencia a la compresión del Concreto Adicionado con Extracto de Sábila*. Tesis, Huaraz.
- Roland, S., & Mukerji, K. (1993). *Materiales de Construcción Apropriados*.
- Sánchez, C. N. (2017). *Comportamiento del Aserrín sobre la Resistencia a la Compresión, Absorción, Densidad y Asentamiento del concreto para Bloques en la construcción*. Tesis, Trujillo.
- Sika. (s.f.). *SIKA PERÚ*. Obtenido de <https://per.sika.com/content/peru/main/es/group.html>
- Soria Santamaría, F. (1983). Las puzolanas y el ahorro energético en los materiales de construcción. *Materiales de construcción*, 69-84.

- Terreros, L. E., & Carvajal, I. L. (2016). *Análisis de las Propiedades Mecánicas de un Concreto Convencional Adicionando Fibra de Cáñamo*. Bogotá D.C.
- Tobon, J. I. (2000). PUZOLANAS EN LOS ALREDEDORES DE IRRA. *Dyna*, 77-83.
- Torres Búa, M. (30 de abril de 2014). *Materiales de uso técnico*. Obtenido de <https://www.edu.xunta.es/espazoAbalar/sites/espazoAbalar/files/datos/1464947174/contido/index.html>
- Valdés, G. A., & Rapimán, J. G. (2007). Propiedades Físicas y Mecánicas de Bloques de Hormigón Compuestos con Áridos Reciclados. *Información Tecnológica*, 18(3), 81-88.
- Valdés, G., & Rapimán, J. (2007). Propiedades Físicas y Mecánicas de Bloques de Hormigón Compuestas con Áridos Reciclados. *Información Tecnológica*, 18(3), 81-88.
- Vela, L. G., & Yovera, R. E. (2016). *Evaluación de las propiedades mecánicas del concreto adicionado con fibra de estopa de coco*. Tesis, Chiclayo.

# CAPÍTULO V. ANEXOS

**ANEXO 1: Análisis químico de la Ceniza de Cascarilla de Arroz.**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO**  
LABORATORIO DE PROCESAMIENTO DE MINERALES

**CERTIFICADO DE ANÁLISIS QUÍMICO**

Solicitado por: Jherson Davila Tantalean  
Jean Marco Tirado Teatino  
Código de muestra: CCA (Cenizas cascarilla de arroz)  
Muestras recibidas: 1  
Asunto: Análisis Químico  
Características y condiciones: BOLSA  
Fecha de recepción: 25/09/2019

**RESULTADOS**

Método	ME		ME		ME	
	ICP-OES	ICP-OES	ICP-OES	ICP-OES	ICP-OES	ICP-OES
Elemento	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	
Unidades	%	%	%	%	%	%
M-1	0.76	2.66	1.25	0.28	89.27	

**Método de ensayo**  
Al, Ca, Mg, Fe, Si: ICP-OES  
ND: No Detectado  
Fecha de emisión de reporte: 19 de Noviembre del 2019



Juan Vega-González  
Laboratorio  
CIP 79515

Ciudad Universitaria Av. Juan Pablo II S/N Urb. San Andrés Telf: 208295

Ilustración 3: Análisis Químico de la Ceniza de Cascarilla de Arroz

**ANEXO 2: Panel fotográfico.**



*Ilustración 4: Agregados grueso y fino.*



*Ilustración 5: Ceniza de cascarilla de arroz.*



*Ilustración 6: Análisis granulométrico de los materiales.*



*Ilustración 7: Peso unitario suelto y compactado del agregado fino.*



*Ilustración 8: Peso específico y Porcentaje de Absorción del agregado grueso, fino y CCA.*



*Ilustración 9: Preparación de mezcla*



*Ilustración 10: Ensayo slump*



*Ilustración 11: Llenado y vibrado de las probetas cilíndricas y cúbicas.*



*Ilustración 12: Ensayo velocidad de succión capilar.*



*Ilustración 13: Cortado de probetas cilíndricas para ensayo de profundidad de penetración.*



*Ilustración 14: Ensayo de penetración por agua*



*Ilustración 15: Ensayo de resistencia a la compresión*



*Ilustración 16: Ensayo de resistencia a la compresión*



*Ilustración 17: Ensayo de resistencia a la compresión*



*Ilustración 18: Ensayo de resistencia a la compresión*



*Ilustración 19: Ensayo de resistencia a la compresión*



*Ilustración 20: Ensayo de resistencia a la compresión*



*Ilustración 21: Ensayo de resistencia a la compresión*



*Ilustración 22: Ensayo de resistencia a la compresión*

**ANEXO 3: Constancia de Resultados de Ensayos.**

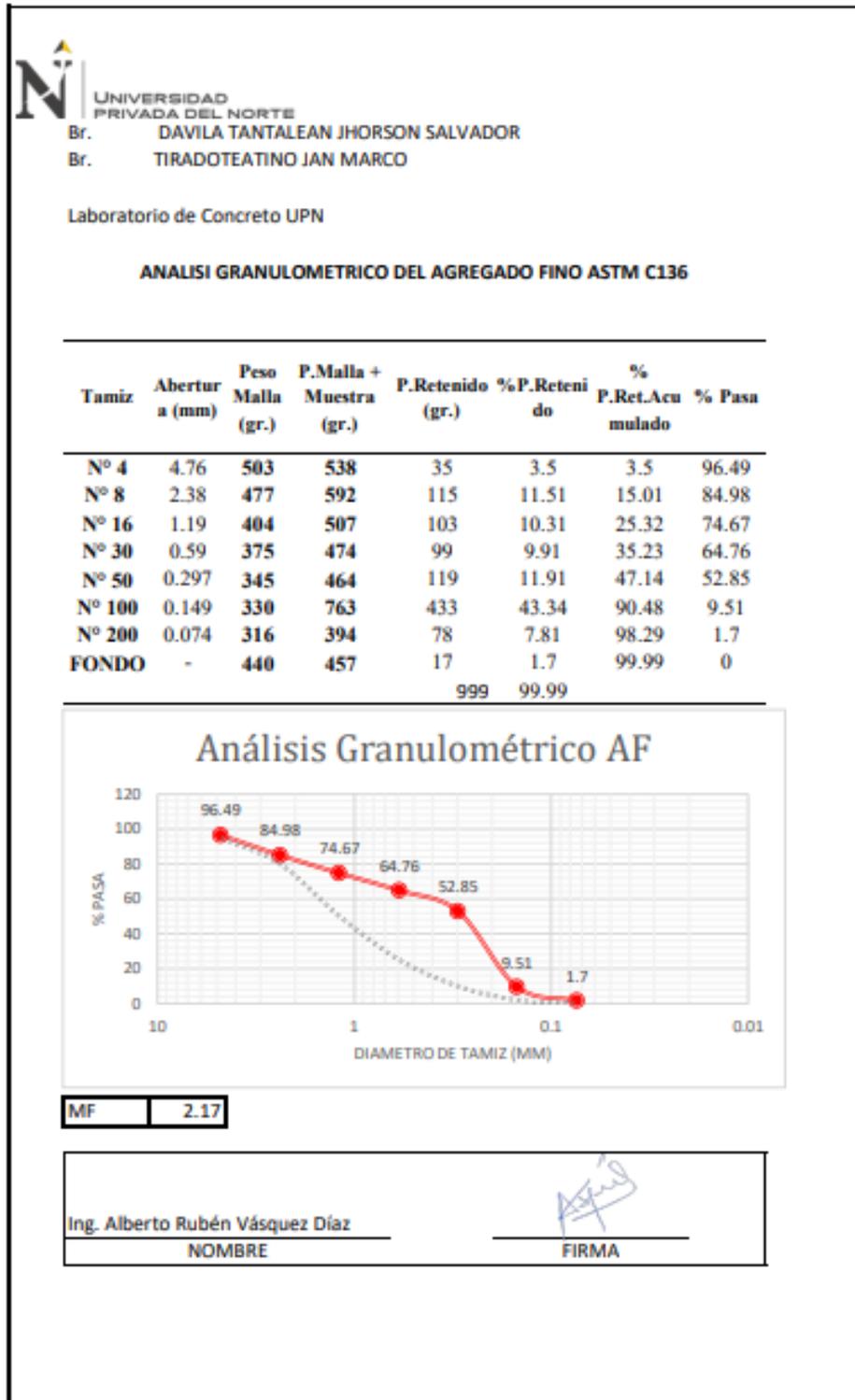


Ilustración 23: Análisis Granulométrico Agregado Fino de la muestra 01

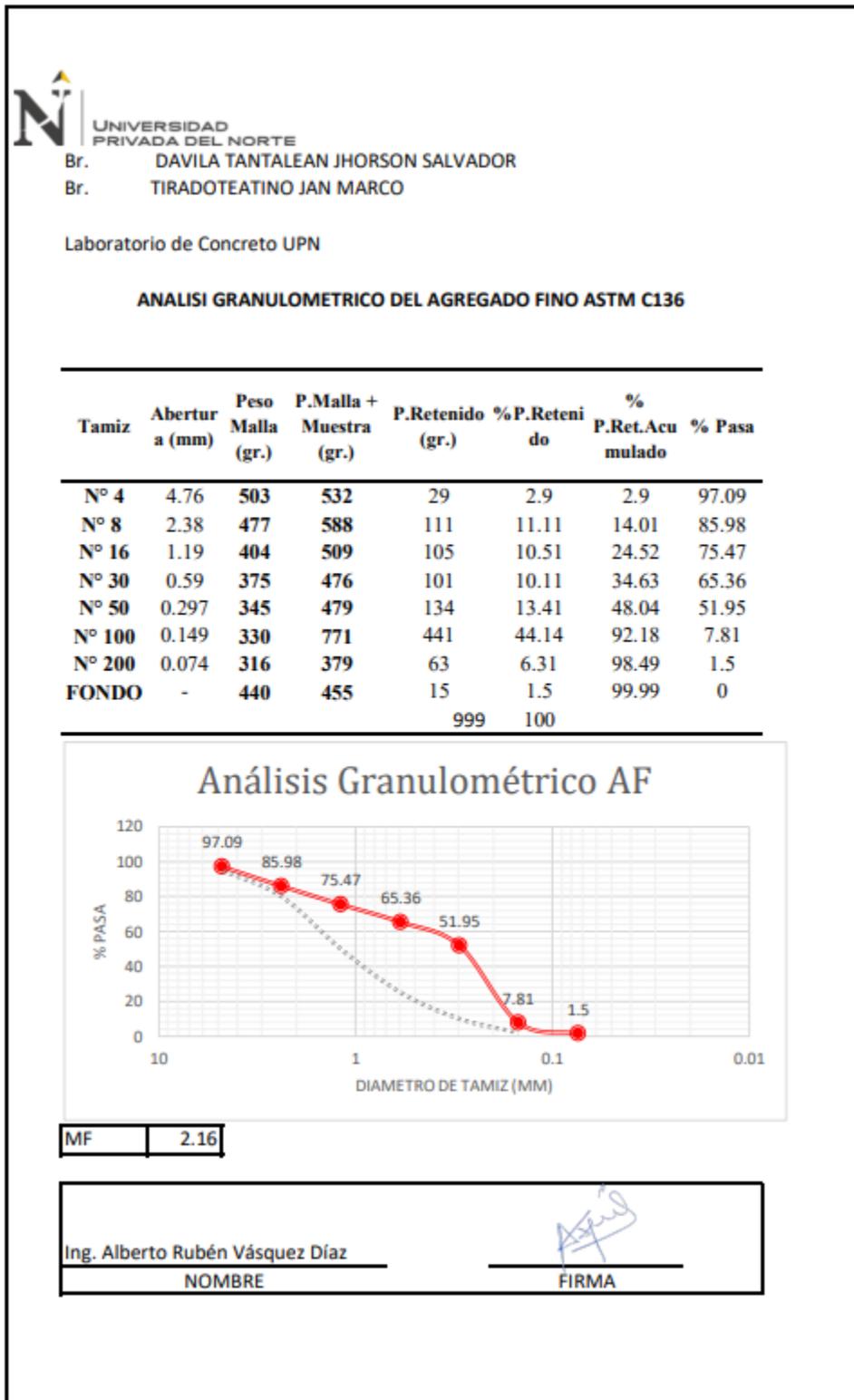


Ilustración 24: Análisis Granulométrico Agregado Fino de la muestra 02

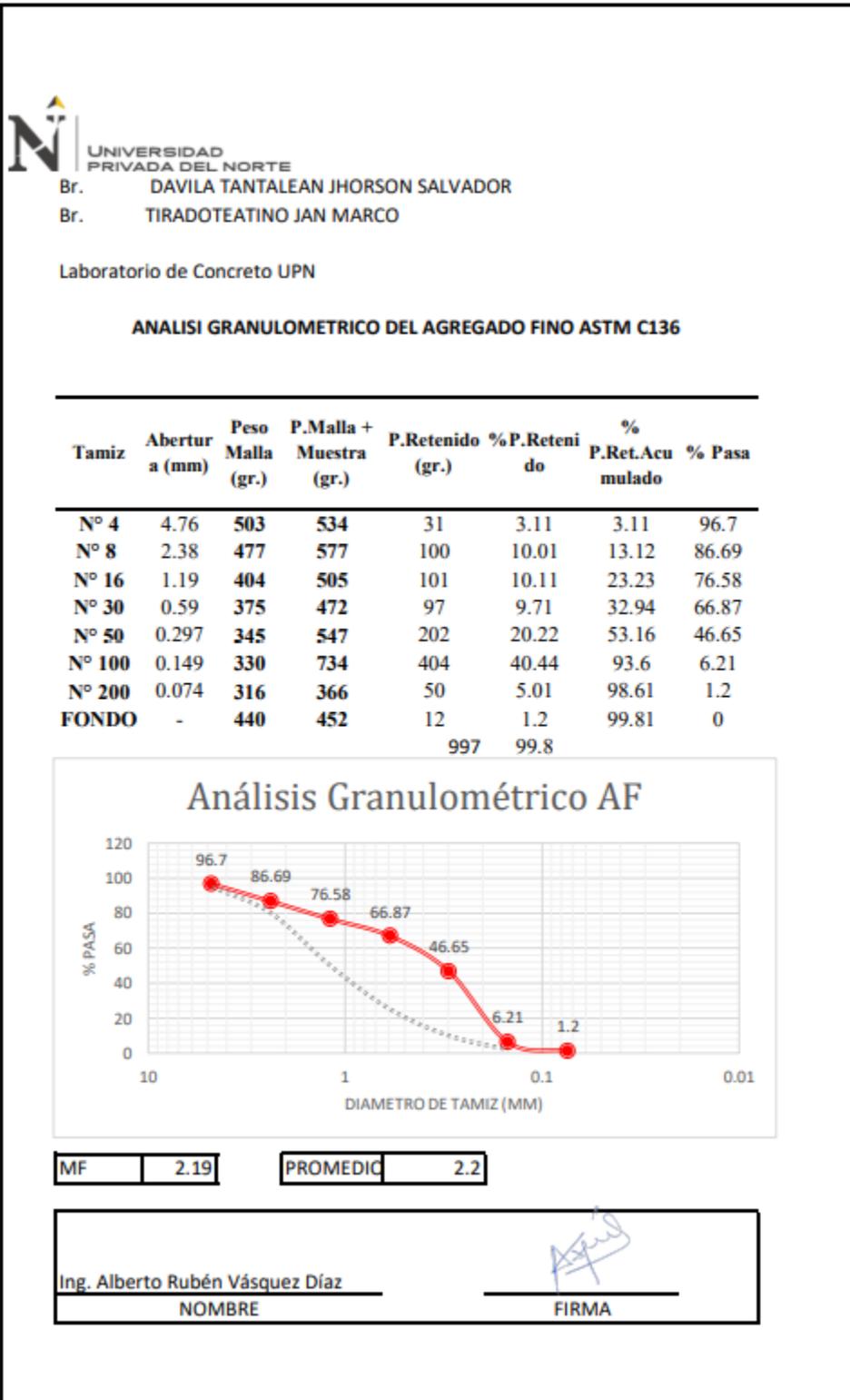


Ilustración 25: Análisis Granulométrico Agregado Fino de la muestra 03

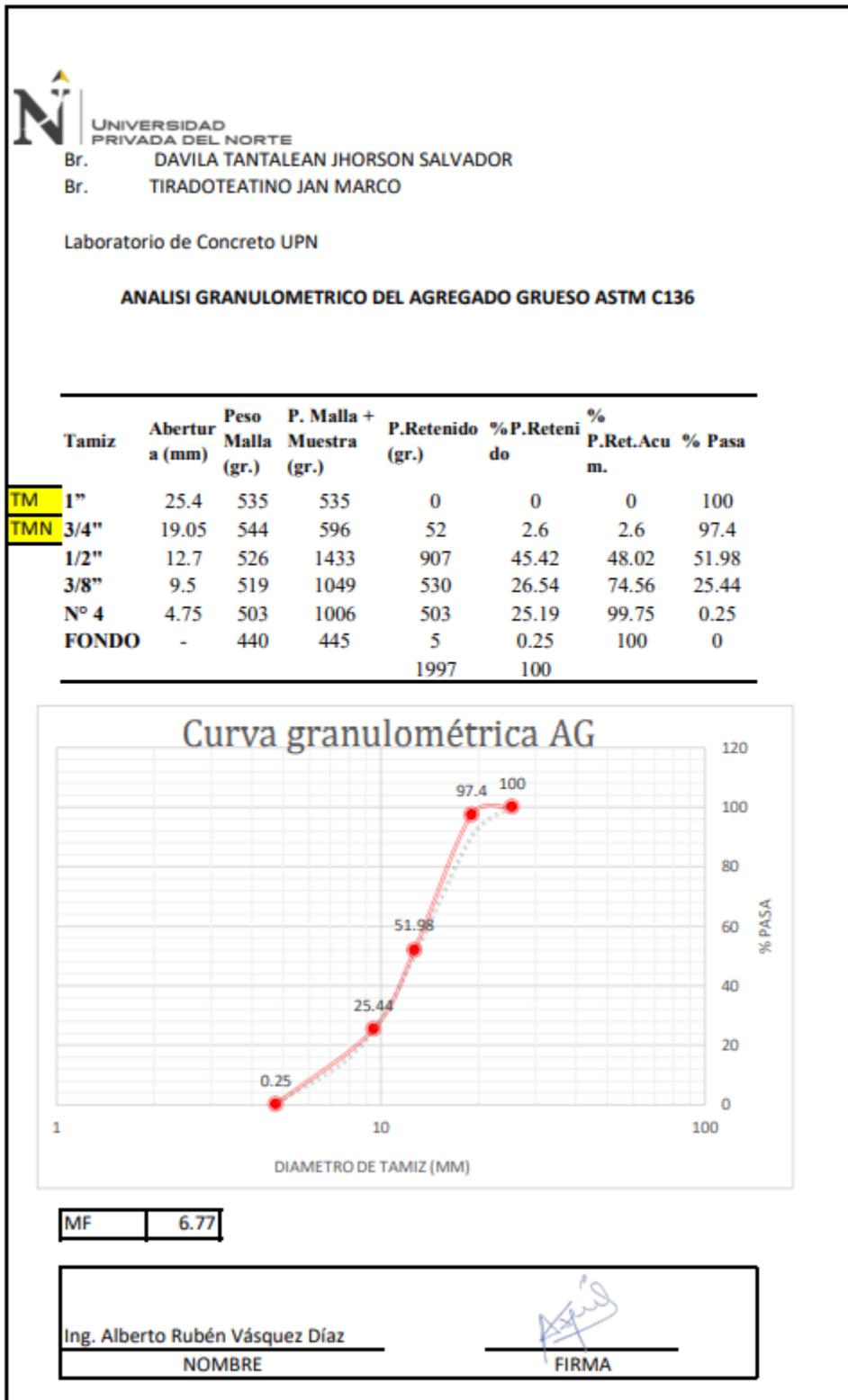


Ilustración 26: Análisis Granulométrico de Agregado Grueso de Muestra 01

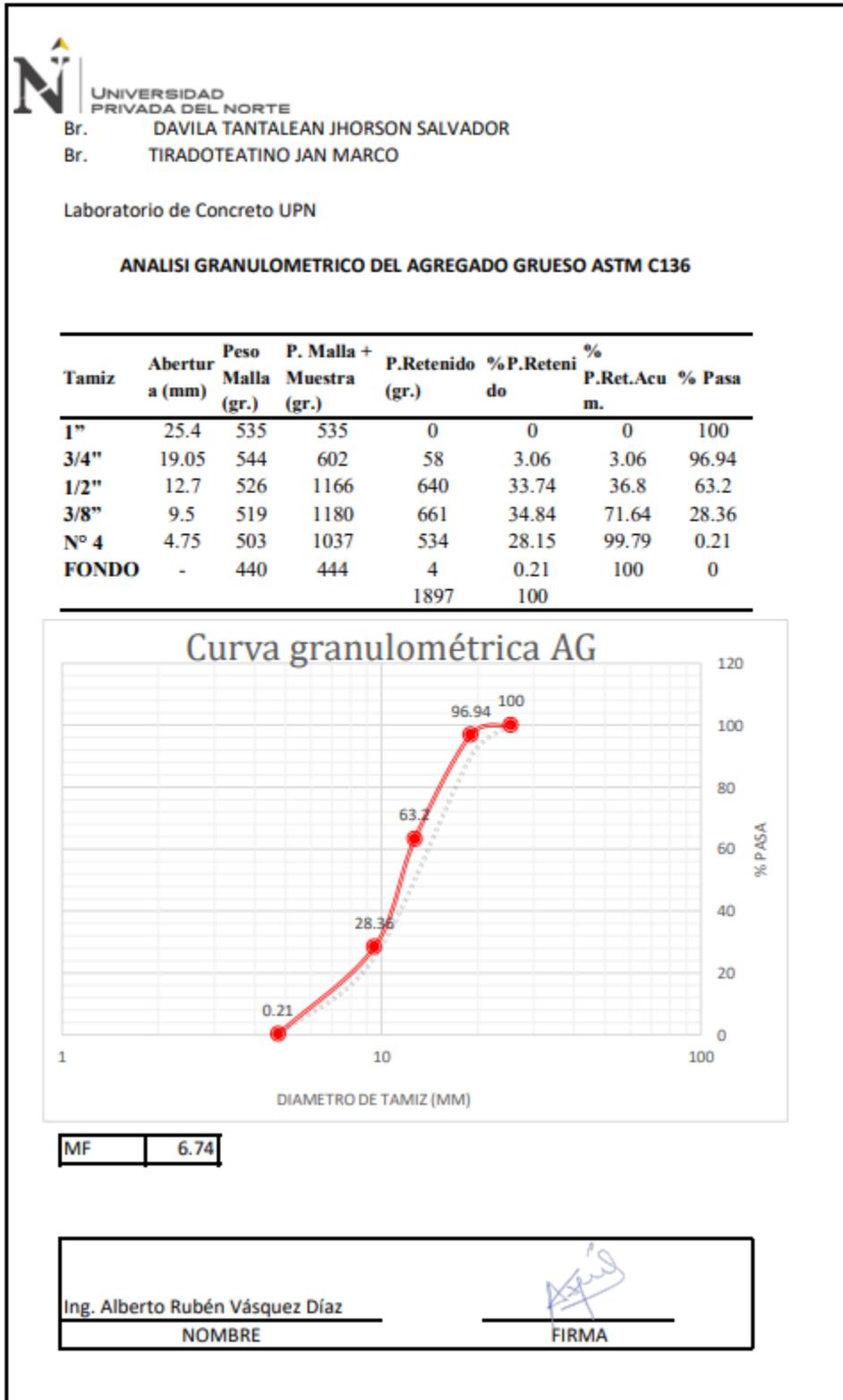


Ilustración 27: Análisis Granulométrico de Agregado Grueso de Muestra 02

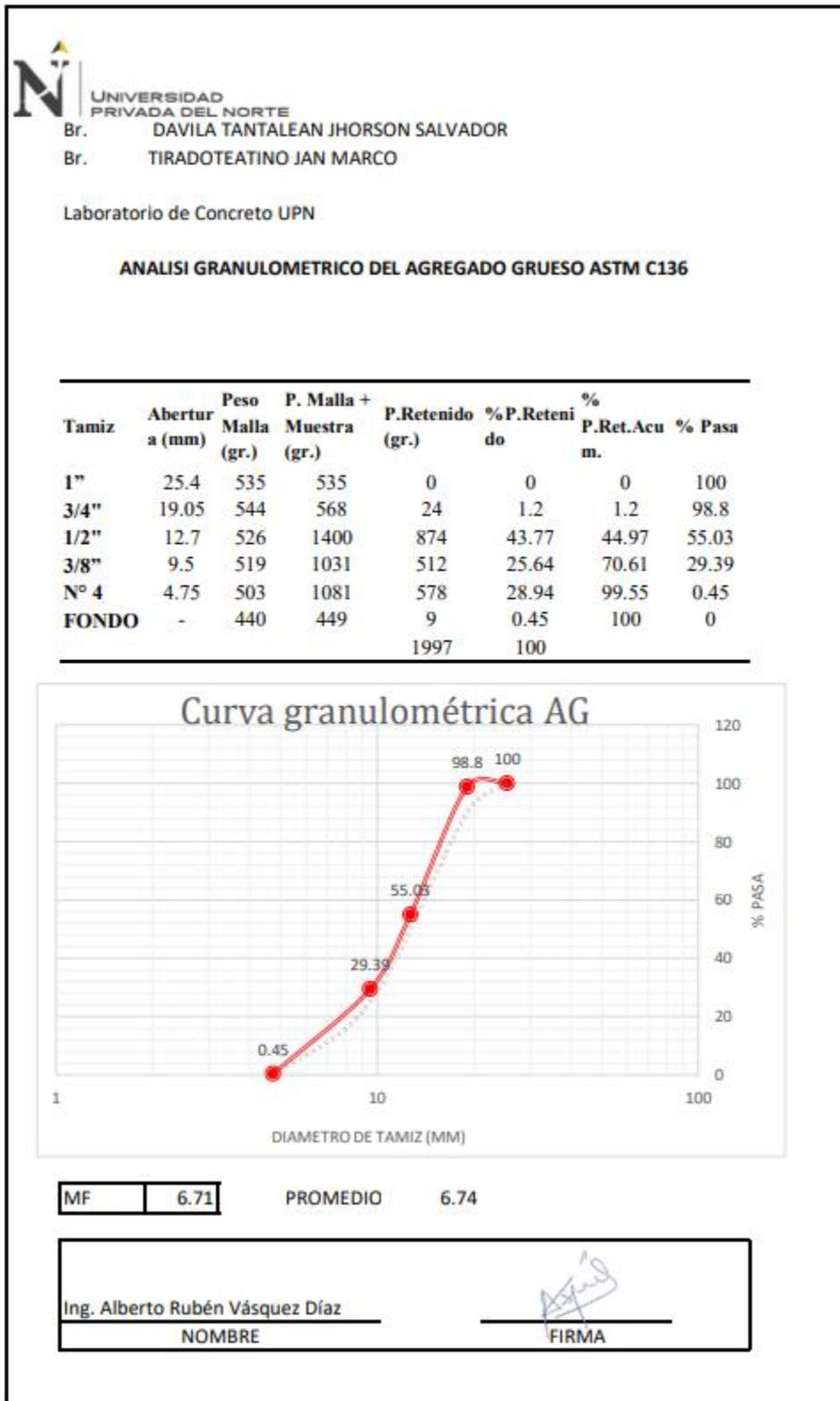


Ilustración 28: Análisis Granulométrico de Agregado Grueso de Muestra 03


 UNIVERSIDAD  
 PRIVADA DEL NORTE

Br. DAVILA TANTALEAN JHORSON SALVADOR  
 Br. TIRADOTEATINO JAN MARCO

Laboratorio de Concreto UPN  
**PESO ESPECÍFICO Y PORCENTAJE DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO (ASTM C128)**

---

**Peso específico y Absorción**

---

	P1	P2	P3	prom	
peso tara		366	278.92	82.81	
peso tara + muestra seca		859.25	772.77	575.8	
muestra seca (A)		493.25	493.85	492.99	
peso de la fiola + agua (B)		671.2	667.62	660.29	
volumen del frasco		500	500	500	
Peso fiola + muestra + agua		986.04	977.82	973.74	
Peso fiola + muestra		674.23	669.65	662.55	
Volumen de agua añadida al frasco (V)		311.81	308.17	311.19	
Pem		2.62	2.57	2.61	2.60
PeSSS		2.66	2.61	2.65	2.64
Pea		2.72	2.66	2.71	2.70
Ab %		1.37	1.25	1.42	1.35

Ing. Alberto Rubén Vásquez Díaz

---

NOMBRE




---

FIRMA

*Ilustración 29: Peso Específico y Porcentaje de Absorción Agregado Fino*



  
 UNIVERSIDAD  
 PRIVADA DEL NORTE  
 Br.: DAVILA TANTALEAN JHORSON SALVADOR  
 Br.: TIRADOTEATINO JAN MARCO  
 Laboratorio de Concreto UPN

**PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO DEL AGREGADO GRUESO (ASTM C29)**

SUELTO			
Ítem	P 01	P 02	P 03
P. del agregado + molde (g)	26500	26460	26520
P. del molde (g)	5315	5315	5315
V. del molde (m <sup>3</sup> )	0.01401	0.01401	0.01401
P. unitario (kg/m <sup>3</sup> )	1512.13	1509.28	1513.56
P. unitario Promedio (kg/m <sup>3</sup> )	1511.66		

COMPACTADO			
Ítem	P 01	P 02	P 03
Peso del agregado + molde (kg)	27495	27705	27530
Peso del molde (kg)	5315	5315	5315
Volumen del molde (m <sup>3</sup> )	0.01401	0.01401	0.01401
Peso unitario (kg/m <sup>3</sup> )	1583.15	1598.14	1585.65
P unitario Promedio (kg/m <sup>3</sup> )	1588.98		

Ing. Alberto Rubén Vásquez Díaz

NOMBRE

FIRMA

*Ilustración 31: Peso Unitario Suelto y Compactado de Agregado Grueso*



UNIVERSIDAD  
PRIVADA DEL NORTE

Br. DAVILA TANTALEAN JHORSON SALVADOR  
Br. TIRADOTEATINO JAN MARCO

Laboratorio de Concreto UPN

**PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO DEL AGREGADO FINO (ASTM C29)**

<b>SUELTO</b>			
Item	P 01	P 02	P 03
P. del agregado + molde (g)	28600	28490	28100
P. del molde (g)	5315	5315	5315
V. del molde (m <sup>3</sup> )	0.01401	0.01401	0.01401
P. unitario (kg/m <sup>3</sup> )	1662.03	1654.18	1626.34
P. unitario Promedio (kg/m <sup>3</sup> )	1647.51		
P. unitario Promedio según normativa (kg/m <sup>3</sup> )	1650.00		

<b>COMPACTADO</b>			
Item	P 01	P 02	P 03
Peso del agregado + molde (kg)	30625	30550	30515
Peso del molde (kg)	5315	5315	5315
Volumen del molde (m <sup>3</sup> )	0.01401	0.01401	0.01401
Peso unitario (kg/m <sup>3</sup> )	1806.57	1801.21	1798.72
P unitario Promedio (kg/m <sup>3</sup> )	1802.17		
P. unitario Promedio según normativa (kg/m <sup>3</sup> )	1650.00		

Ing. Alberto Rubén Vásquez Díaz 

\_\_\_\_\_  
NOMBRE FIRMA

Ilustración 32: Peso Unitario Suelto y Compactado de Agregado Fino

  
 UNIVERSIDAD  
 PRIVADA DEL NORTE  
 Br. DAVILA TANTALEAN JHORSON SALVADOR  
 Br. TIRADOTEATINO JAN MARCO  
 Laboratorio de Concreto UPN

**COTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO Y GRUESO (ASTM C 566)**

CONTENIDO DE HUMEDAD FINO				
Ítem	16/10/19	17/10/19	29/10/19	30/10/19
suelo húmedo, A (g)	1000	1000	1000	1000
suelo seco, B (g)	985	985	995	990
P. molde, C (g)	0	0	0	0
Humedad (%)	1.52	1.52	0.50	1.01

CONTENIDO DE HUMEDAD GRUESO				
Ítem	16/10/19	17/10/19	29/10/19	30/10/19
suelo húmedo, A (g)	1000	1000	1000	1000
suelo seco, B (g)	994	995	995	995
P. molde, C (g)	0	0	0	0
Humedad (%)	0.60	0.50	0.50	0.50

Ing. Alberto Rubén Vásquez Díaz	
NOMBRE	FIRMA

*Ilustración 33: Contenido de Humedad de Agregado Fino y Grueso*

  
 UNIVERSIDAD  
 PRIVADA DEL NORTE  
 Br. DAVILA TANTALEAN JHORSON SALVADOR  
 Br. TIRADOTEATINO JAN MARCO  
 Laboratorio de Concreto UPN

**PESO ESPECÍFICO DE LA CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ**

PESO ESPECÍFICO			
	M. 1	M. 2	M. 3
PESO CCA	45	45	45
Li	0	0.1	0.3
Lf	20.8	20.3	20.2
PE	2163.462	2227.723	2261.307
PE	2217		

Ing. Alberto Rubén Vásquez Díaz  
 \_\_\_\_\_  
 NOMBRE

  
 \_\_\_\_\_  
 FIRMA

*Ilustración 34: Peso Específico de la Ceniza de Cascarilla Arroz*



UNIVERSIDAD  
PRIVADA DEL NORTE

Br. DAVILA TANTALEAN JHORSON SALVADOR  
Br. TIRADOTEATINO JAN MARCO

Laboratorio de Concreto UPN

**LECTURAS DEL COMPRESÓMETRO PATRON A 14, 28 Y 56 DIAS**

DIAS	Resistencia Patron (KN)			Area = 78.5375 cm <sup>2</sup>
	14d	28d	56d	
Prob1	163.8	225.75	231.35	Factor = 101.94
Prob2	184.95	219.8	248.45	
Prob3	175.25	232.1	250.45	
Prob4		226.65	249.85	
Prob5		220.35	250.35	
Prob6		229.85	250.15	
Prob7		223.8	242.3	
Prob8		219.8	233.8	
Prob9		221.2	242.4	
Prob10		223.75	243.2	
Prob11		224	250.9	
Prob12		215.4	246.8	
Prob13		222.05	250	
Prob14		234	241.55	

Ing. Alberto Rubén Vásquez Díaz	
NOMBRE	FIRMA

Ilustración 35: Lecturas del Compresómetro Patrón

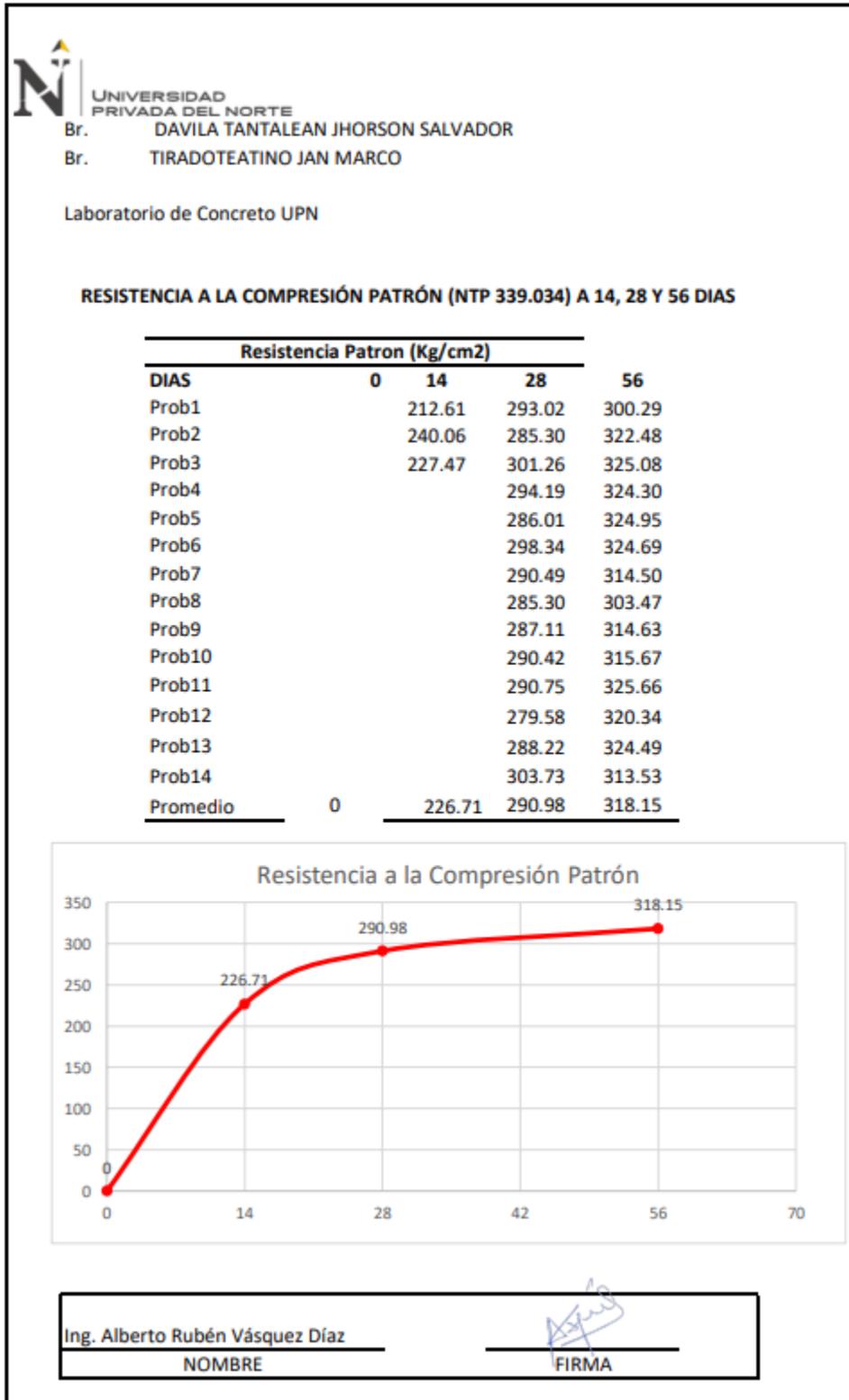


Ilustración 36: Grafico Resistencia la Compresión Patrón



UNIVERSIDAD  
PRIVADA DEL NORTE

Br. DAVILA TANTALEAN JHORSON SALVADOR  
Br. TIRADOTEATINO JAN MARCO

Laboratorio de Concreto UPN

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PROMEDIO (NTP 339.034) A 14, 28 Y 56 DIAS**

Resistencia a la Compresión 5% CCA (KN)				
DIAS	14d	28d	56d	Area = 78.5375 cm
Prob1	173.6	195.75	239.95	Factor = 101.94
Prob2	165.75	205.95	242.55	
Prob3	179.25	201.4	225.7	
Prob4		202.15	223.05	
Prob5		203.45	212.9	
Prob6		197.85	237.45	
Prob7		195.2	237.75	
Prob8		201.3	224.35	
Prob9		199.85	229.25	
Prob10		207.9	232.5	
Prob11		191.8	195.2	
Prob12		194.1	237.95	
Prob13		187.05	238.15	
Prob14		191.7	236.6	

Ing. Alberto Rubén Vásquez Díaz	
NOMBRE	FIRMA

Ilustración 37: Lecturas del Compresómetro 5%

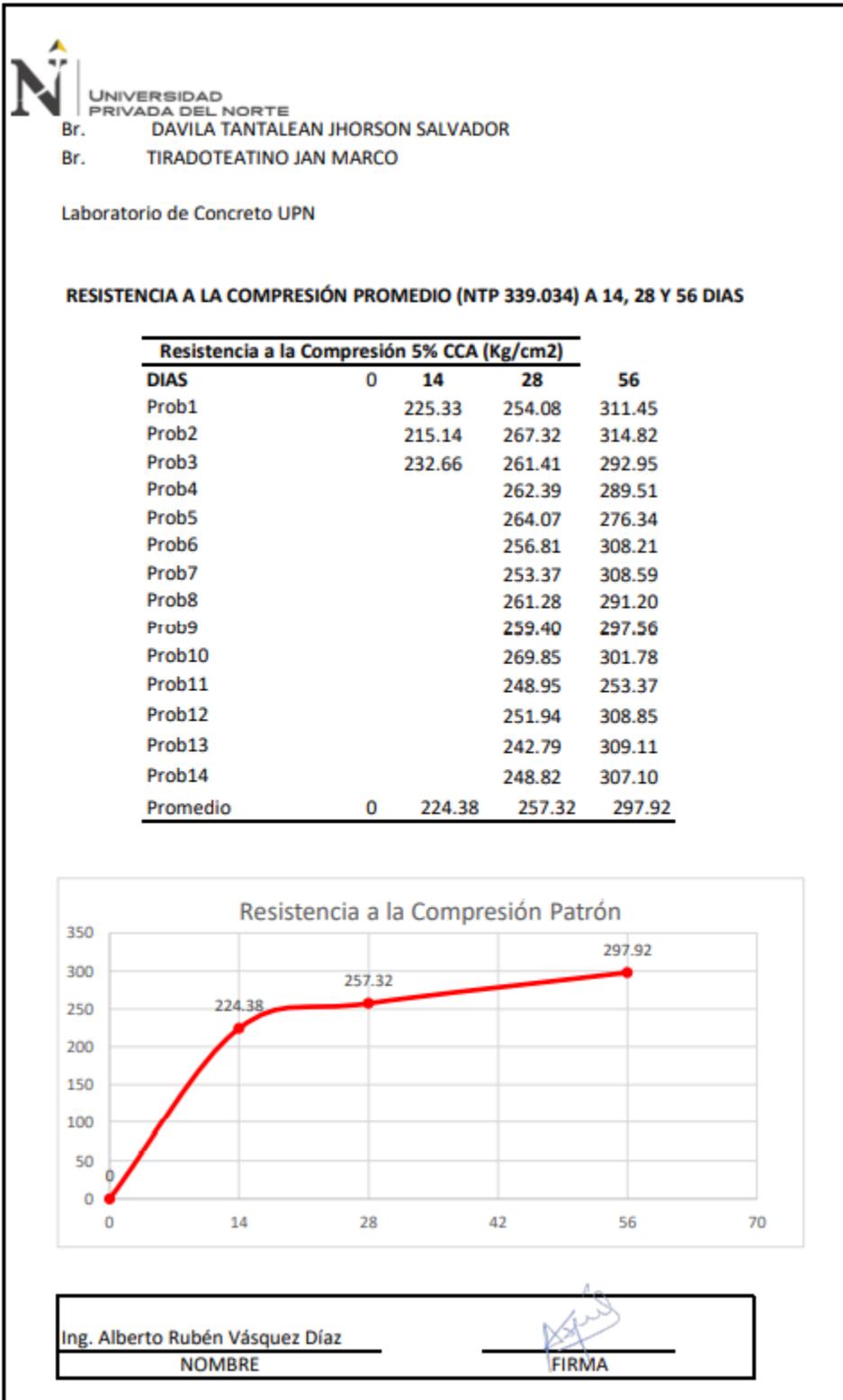


Ilustración 38: Grafico Resistencia la Compresión 5% CCA



UNIVERSIDAD  
PRIVADA DEL NORTE

Br. DAVILA TANTALEAN JHORSON SALVADOR  
Br. TIRADOTEATINO JAN MARCO

Laboratorio de Concreto UPN

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PROMEDIO (NTP 339.034) A 14, 28 Y 56 DIAS**

Resistencia a la Compresión 10% CCA (KN)				
DIAS	14d	28d	56d	Area = 78.5375 cm <sup>2</sup>
Prob1	172.75	205.9	224.1	Factor = 101.94
Prob2	173.4	203.75	216.8	
Prob3	170.15	201.75	263.45	
Prob4		203.4	245.4	
Prob5		194.4	223.45	
Prob6		196.4	257.1	
Prob7		192.8	224.15	
Prob8		196.75	242.35	
Prob9		196.8	215.85	
Prob10		196.95	234.85	
Prob11		196.2	217.15	
Prob12		189.8	248.2	
Prob13		196.15	239.6	
Prob14		194.75	225.1	

Ing. Alberto Rubén Vásquez Díaz	
NOMBRE	FIRMA

Ilustración 39: Lecturas del Compresómetro 10 % CCA

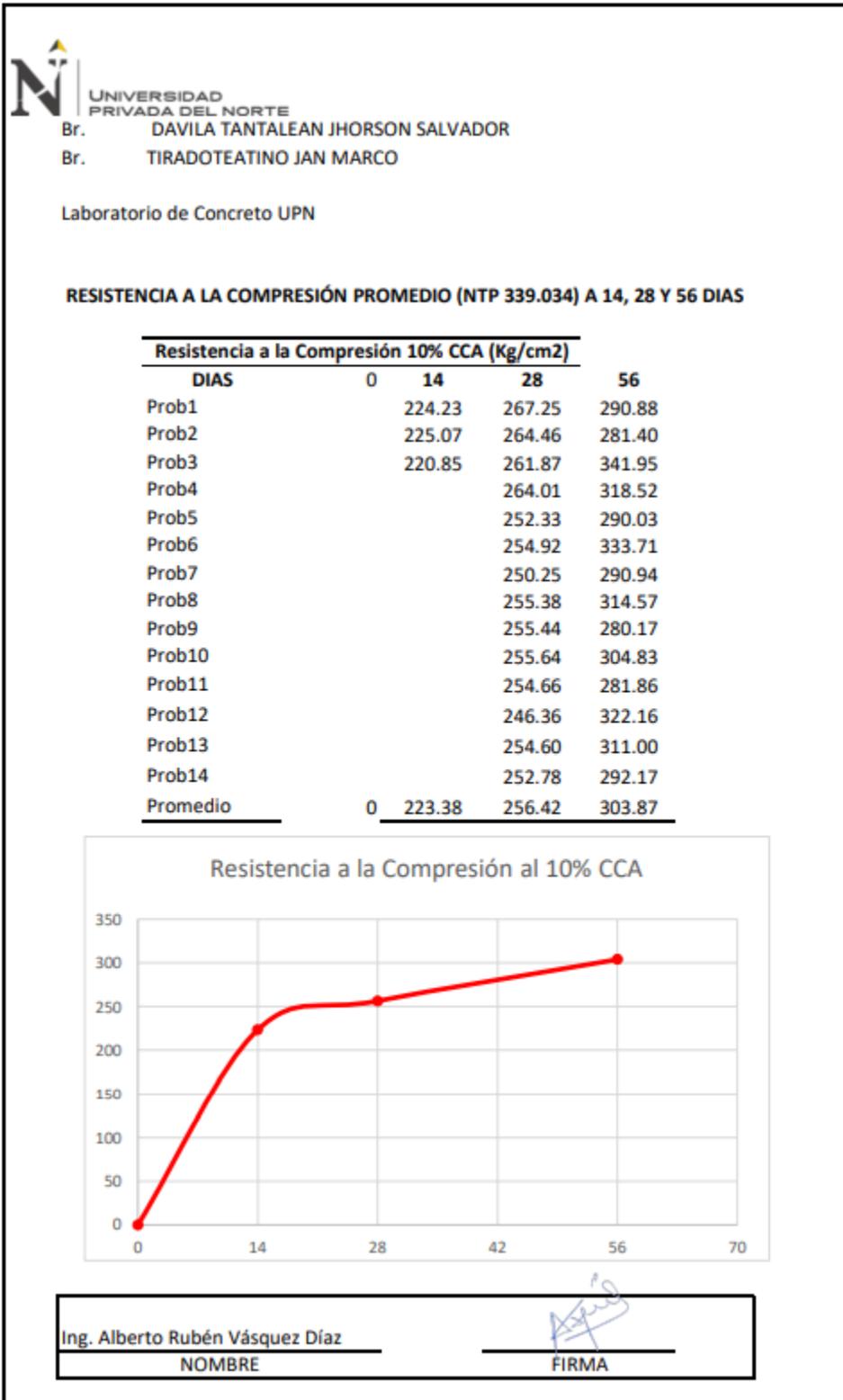


Ilustración 40: Grafico Resistencia la Compresión 10% CCA


 UNIVERSIDAD
   
 PRIVADA DEL NORTE

Br. DAVILA TANTALEAN JHORSON SALVADOR
   
 Br. TIRADOTEATINO JAN MARCO

Laboratorio de Concreto UPN

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PROMEDIO (NTP 339.034) A 14, 28 Y 56 DIAS**

<b>Resistencia a la Compresión 15% CCA (KN)</b>				
<b>DIAS</b>	<b>14d</b>	<b>28d</b>	<b>56d</b>	<b>Area = 78.5375 cm</b>
Prob1	165.50	210.05	246.85	<b>Factor = 101.94</b>
Prob2	166.70	208.45	235.60	
Prob3	167.30	206.75	245.25	
Prob4		205.65	244.80	
Prob5		201.35	248.15	
Prob6		200.00	254.10	
Prob7		207.50	240.20	
Prob8		206.00	240.15	
Prob9		203.75	258.50	
Prob10		206.00	255.20	
Prob11		206.40	244.85	
Prob12		207.30	255.50	
Prob13		198.65	243.75	
Prob14		196.95	239.85	

Ing. Alberto Rubén Vásquez Díaz _____ NOMBRE	 _____ FIRMA
--	--

*Ilustración 41: Lecturas del Compresómetro 15 % CCA*



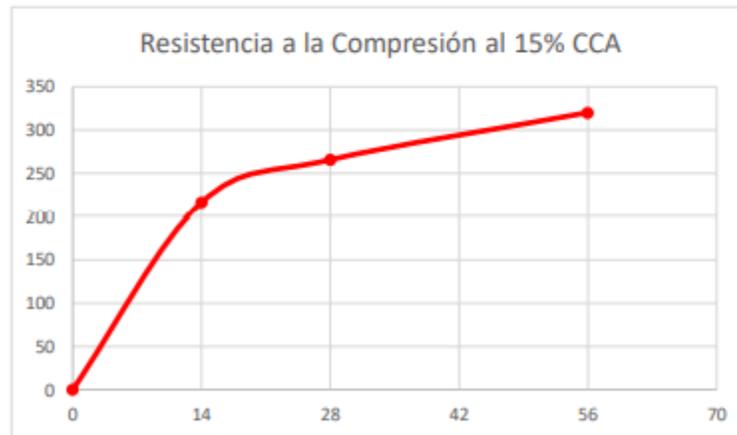
UNIVERSIDAD  
PRIVADA DEL NORTE

Br. DAVILA TANTALEAN JHORSON SALVADOR  
Br. TIRADOTEATINO JAN MARCO

Laboratorio de Concreto UPN

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PROMEDIO (NTP 339.034) A 14, 28 Y 56 DIAS**

Resistencia a la Copresión 15% CCA (Kg/cm2)				
DIAS	0	14	28	56
Prob1		214.82	272.64	320.41
Prob2		216.37	270.56	305.80
Prob3		217.15	268.36	318.33
Prob4			266.93	317.75
Prob5			261.35	322.09
Prob6			259.60	329.82
Prob7			269.33	311.77
Prob8			267.38	311.71
Prob9			264.46	335.53
Prob10			267.38	331.24
Prob11			267.90	317.81
Prob12			269.07	331.63
Prob13			257.84	316.38
Prob14			255.64	311.32
Promedio	0	216.11	265.60	320.11



Ing. Alberto Rubén Vásquez Díaz

NOMBRE

FIRMA

Ilustración 42: Grafico Resistencia la Compresión 15% CCA

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE			
Br.	DAVILA TANTALEAN JHORSON SALVADOR		
Br.	TIRADOTEATINO JAN MARCO		
Laboratorio de Concreto UPN			
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PROMEDIO (NTP 339.034) A 14, 28 y 56 DIAS</b>			
<b>Porcentaje de Ceniza de Cascarilla de Arroz.</b>			
Porcentaje de Ceniza de Cascarilla de Arroz.	Resistencia Promedio 14 días		
Patron (0% CCA)	226.71		
5% CCA	224.38		
10% CCA	223.38		
15% CCA	216.11		
<b>Porcentaje de Ceniza de Cascarilla de Arroz.</b>			
Porcentaje de Ceniza de Cascarilla de Arroz.	Resistencia Promedio 28 Días		
Patron (0% CCA)	290.98		
5% CCA	257.32		
10% CCA	256.42		
15% CCA	265.60		
<b>Porcentaje de Ceniza de Cascarilla de Arroz.</b>			
Porcentaje de Ceniza de Cascarilla de Arroz.	Resistencia Promedio 56 Días		
Patron (0% CCA)	318.15		
5% CCA	297.92		
10% CCA	303.87		
15% CCA	320.11		
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center;">                     Ing. Alberto Rubén Vásquez Díaz                      NOMBRE                 </td> <td style="width: 50%; text-align: center;">                       FIRMA                 </td> </tr> </table>		Ing. Alberto Rubén Vásquez Díaz NOMBRE	 FIRMA
Ing. Alberto Rubén Vásquez Díaz NOMBRE	 FIRMA		

*Ilustración 43: Resistencia a la compresión Promedio*

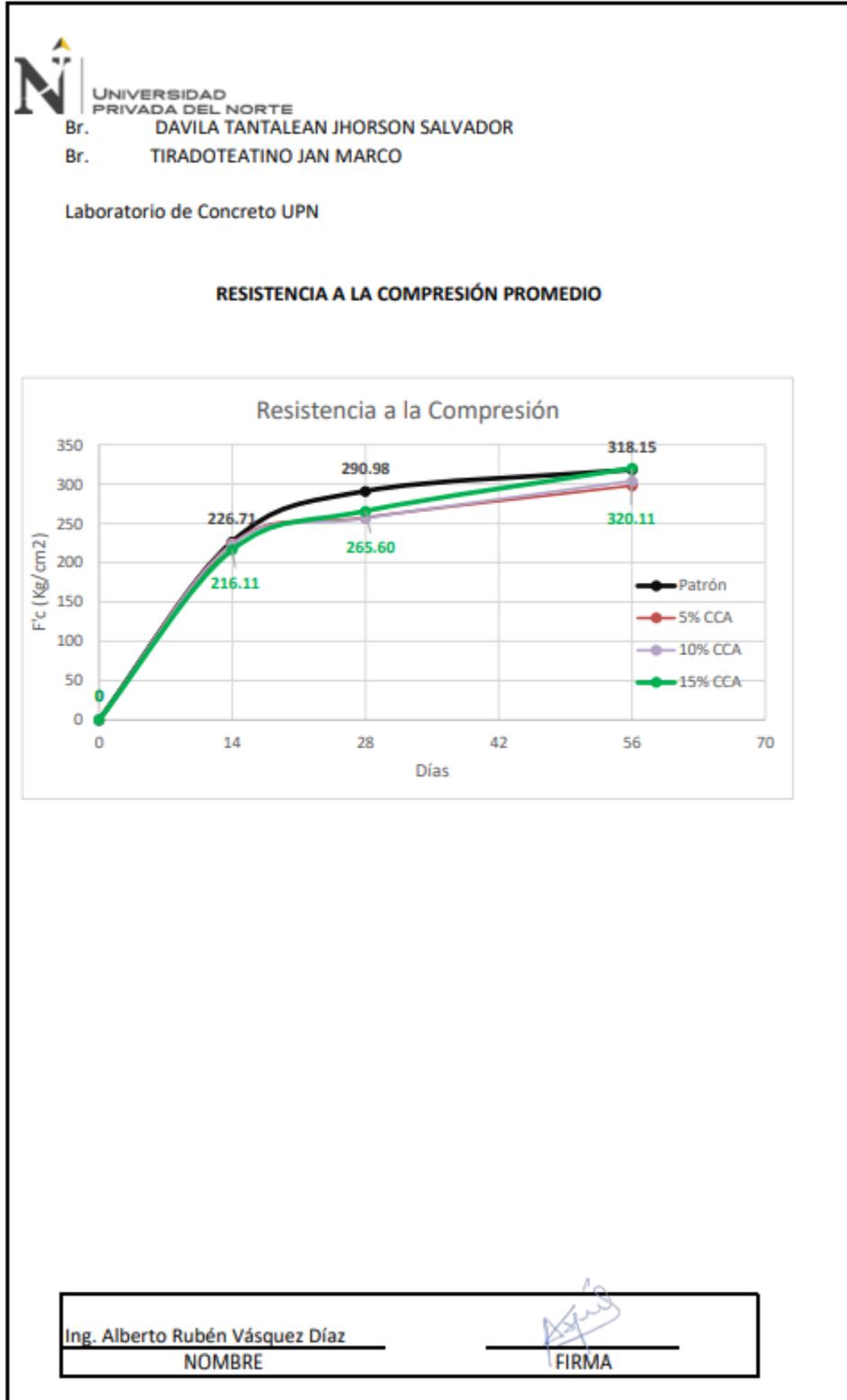


Ilustración 44: Grafica de resistencia a la compresión promedio



UNIVERSIDAD  
PRIVADA DEL NORTE

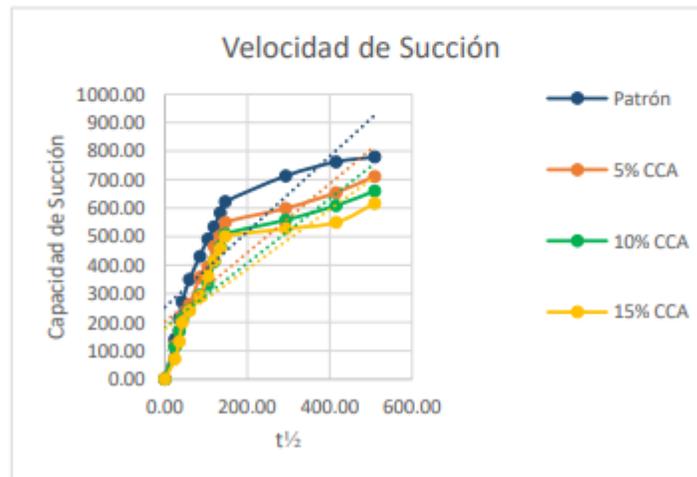
Br. DAVILA TANTALEAN JHORSON SALVADOR

Br. TIRADOTEATINO JAN MARCO

Laboratorio de Concreto UPN

**CAPACIDAD DE SUCCIÓN CAPILAR**

Tiempo (h)	Tiempo (seg <sup>1/2</sup> )	Patron 0% CCA (g/m <sup>2</sup> )	5% CCA (g/m <sup>2</sup> )	10%CCA (g/m <sup>2</sup> )	15%CCA (g/m <sup>2</sup> )
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.16	24.49	140.44	118.22	112.00	71.11
0.33	34.64	213.33	171.56	168.89	132.44
0.5	42.43	272.00	217.78	210.67	198.93
1	60.00	350.22	261.33	245.33	240.00
2	84.85	431.11	358.22	295.11	288.89
3	103.92	491.56	393.78	333.33	361.78
4	120.00	534.22	466.67	413.33	416.89
5	134.16	584.89	504.00	464.89	457.78
6	146.97	622.22	550.22	509.33	501.33
24	293.94	713.78	600.00	559.11	528.00
48	415.69	762.67	655.11	609.78	550.22
72	509.12	779.56	712.00	660.44	616.89



Ing. Alberto Rubén Vásquez Díaz

NOMBRE

FIRMA

*Ilustración 45: Capacidad de Succión Capilar A*



UNIVERSIDAD  
PRIVADA DEL NORTE

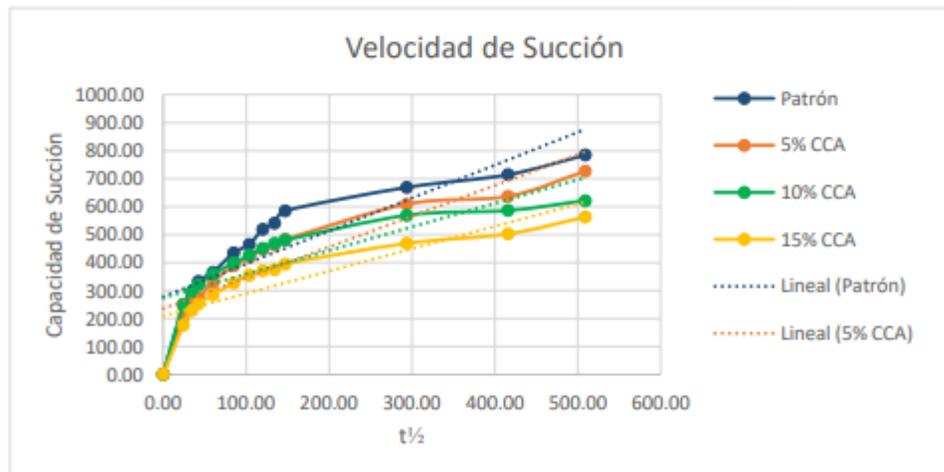
Br. DAVILA TANTALEAN JHORSON SALVADOR

Br. TIRADOTEATINO JAN MARCO

Laboratorio de Concreto UPN

### CAPACIDAD DE SUCCIÓN CAPILAR

Tiempo (h)	Tiempo ( $\sqrt{t}$ )	Patrón CCA (g/m <sup>2</sup> )	5% CCA (g/m <sup>2</sup> )	10% CCA (g/m <sup>2</sup> )	15% CCA (g/m <sup>2</sup> )
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.16	24.49	248.89	205.33	249.78	177.78
0.33	34.64	272.00	249.78	296.00	229.33
0.5	42.43	332.44	275.56	320.00	252.44
1	60.00	365.33	328.00	358.22	284.44
2	84.85	433.78	389.33	398.22	327.11
3	103.92	464.89	418.67	425.78	353.78
4	120.00	519.11	447.11	451.56	369.78
5	134.16	540.44	462.22	469.33	374.22
6	146.97	584.89	481.78	480.00	395.56
24	293.94	668.44	608.89	568.89	468.44
48	415.69	713.78	636.44	585.78	502.22
72	509.12	784.00	726.22	621.33	562.67



Ing. Alberto Rubén Vásquez Díaz

NOMBRE

FIRMA

Ilustración 46: Capacidad de Succión Capilar B



UNIVERSIDAD  
PRIVADA DEL NORTE

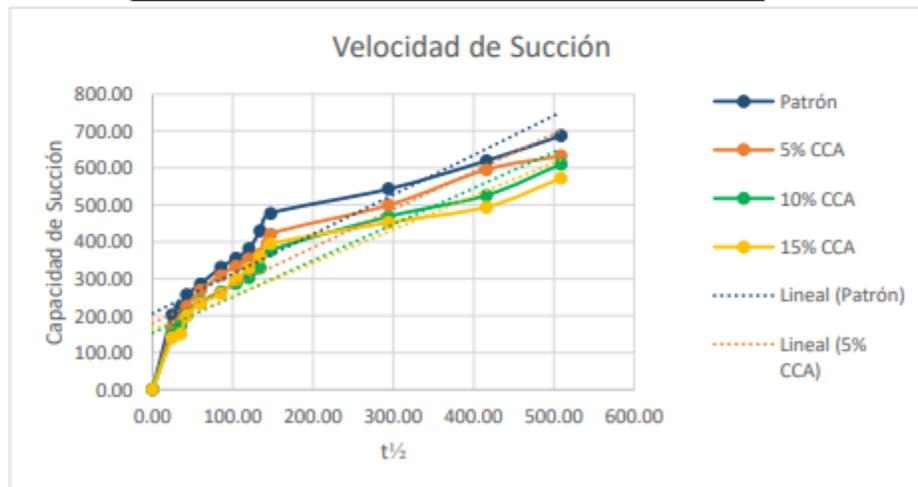
Br. DAVILA TANTALEAN JHORSON SALVADOR

Br. TIRADOTEATINO JAN MARCO

Laboratorio de Concreto UPN

**CAPACIDAD DE SUCCIÓN CAPILAR**

Tiempo (h)	Tiempo (seg <sup>1/2</sup> )	Patrón 0% CCA (g/m <sup>2</sup> )	5% CCA (g/m <sup>2</sup> )	10% CCA (g/m <sup>2</sup> )	15% CCA (g/m <sup>2</sup> )
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.16	24.49	202.67	164.44	147.56	139.56
0.33	34.64	223.11	183.11	172.44	151.11
0.5	42.43	256.89	225.78	202.67	200.00
1	60.00	286.22	269.33	237.33	234.67
2	84.85	330.67	309.33	264.89	259.56
3	103.92	355.56	335.11	288.00	298.67
4	120.00	381.33	353.78	302.22	328.00
5	134.16	430.22	366.22	329.78	360.00
6	146.97	477.33	421.33	376.89	394.67
24	293.94	543.11	499.56	468.44	452.44
48	415.69	619.56	595.56	526.22	494.22
72	509.12	688.00	632.89	610.67	572.44



Ing. Alberto Rubén Vásquez Díaz

NOMBRE

FIRMA

Ilustración 47: Capacidad de Succión Capilar C



UNIVERSIDAD  
PRIVADA DEL NORTE

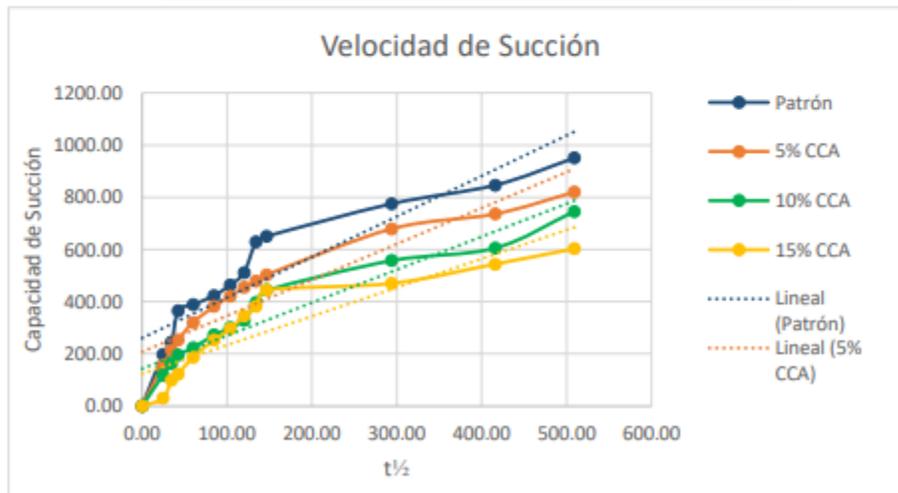
Br. DAVILA TANTALEAN JHORSON SALVADOR

Br. TIRADOTEATINO JAN MARCO

Laboratorio de Concreto UPN

**CAPACIDAD DE SUCCIÓN CAPILAR**

Tiempo (h)	Tiempo (seg <sup>1/2</sup> )	Patron 0% CCA (g/m <sup>2</sup> )	5% CCA (g/m <sup>2</sup> )	10% CCA (g/m <sup>2</sup> )	15% CCA (g/m <sup>2</sup> )
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.16	24.49	197.33	157.33	119.11	30.22
0.33	34.64	244.44	214.22	162.67	99.56
0.5	42.43	365.33	253.33	196.44	122.67
1	60.00	389.33	320.89	224.00	187.56
2	84.85	423.11	381.33	272.00	253.33
3	103.92	464.89	421.33	300.44	296.00
4	120.00	511.11	454.22	329.78	345.78
5	134.16	629.33	478.22	398.22	382.22
6	146.97	650.67	503.11	443.56	444.44
24	293.94	775.11	679.11	557.33	470.22
48	415.69	846.22	736.00	605.33	544.00
72	509.12	950.22	819.56	745.78	602.67



Ing. Alberto Rubén Vásquez Díaz

NOMBRE

FIRMA

Ilustración 48: Capacidad de Succión Capilar D



UNIVERSIDAD  
PRIVADA DEL NORTE

Br. DAVILA TANTALEAN JHORSON SALVADOR

Br. TIRADOTEATINO JAN MARCO

Laboratorio de Concreto UPN

**VELOCIDAD DE SUCCIÓN CAPILAR**

Muestra	Velocidad[ g/(m <sup>2</sup> .s <sup>1/2</sup> )]	R <sup>2</sup>	Capacidad
Patrón 0%	1.18	0.74	784.00
5% CCA	1.1	0.79	726.22
10% CCA	0.84	0.65	621.33
15% CCA	0.79	0.73	562.67

Muestra	Velocidad[ g/(m <sup>2</sup> .s <sup>1/2</sup> )]	R <sup>2</sup>	Capacidad
Patrón 0%	1.07	0.82	688.00
5% CCA	1.02	0.84	632.89
10% CCA	0.98	0.88	610.67
15% CCA	0.91	0.81	572.44

Muestra	Velocidad[ g/(m <sup>2</sup> .s <sup>1/2</sup> )]	R <sup>2</sup>	Capacidad
Patrón 0%	1.55	0.82	950.22
5% CCA	1.38	0.85	819.56
10% CCA	1.26	0.9	745.78
15% CCA	1.1	0.79	602.67

Muestra	Velocidad[ g/(m <sup>2</sup> .s <sup>1/2</sup> )]	R <sup>2</sup>	Capacidad
Patrón 0%	1.32	0.72	779.56
5% CCA	1.21	0.75	712.00
10% CCA	1.13	0.77	660.44
15% CCA	1.05	0.70	616.89

<p>Ing. Alberto Rubén Vásquez Díaz</p> <p>_____</p> <p style="text-align: center;">NOMBRE</p>	 <p>_____</p> <p style="text-align: center;">FIRMA</p>
---	--

*Ilustración 49: Velocidad de Succión Capilar*



UNIVERSIDAD  
PRIVADA DEL NORTE

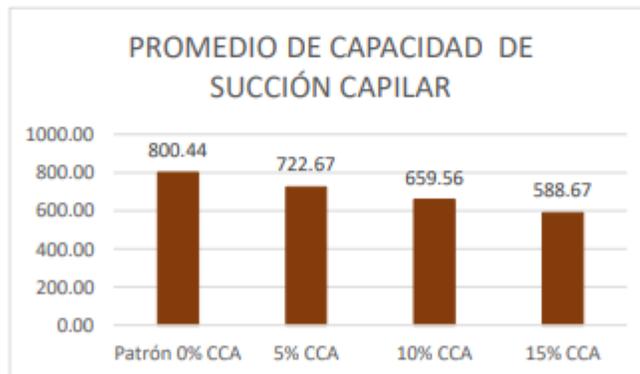
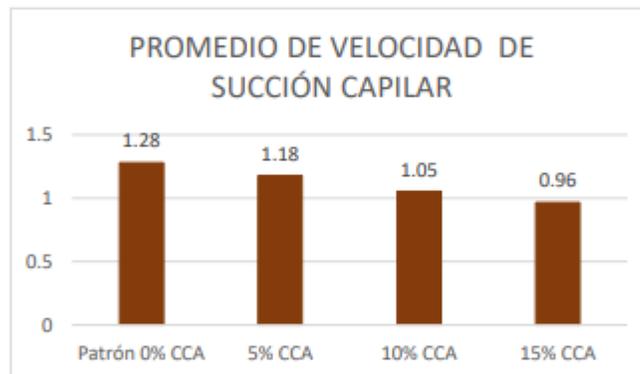
Br. DAVILA TANTALEAN JHORSON SALVADOR

Br. TIRADOTEATINO JAN MARCO

Laboratorio de Concreto UPN

**PROMEDIO DE CAPACIDAD Y VELOCIDAD DE SUCCIÓN CAPILAR**

Muestra	Velocidad[ g/(m <sup>2</sup> .s <sup>1/2</sup> )]	R <sup>2</sup>	Capacidad
Patrón 0%	1.28	0.78	800.44
5% CCA	1.18	0.81	722.67
10% CCA	1.05	0.80	659.56
15% CCA	0.96	0.76	588.67



Ing. Alberto Rubén Vásquez Díaz

NOMBRE



FIRMA

Ilustración 50: Promedio de Capacidad y Velocidad de Sección Capilar

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		ENSAYO DE SUCCION CAPILAR															
Area	0.01125	patron 1	patron 2	patron 3	patron 4	5% 1	5% 2	5% 3	5% 4	10% 1	10% 2	10% 3	10% 4	15% 1	15% 2	15% 3	15% 4
PROBETA		1546.31	1584.04	1480.01	1496.76	1481.49	1564.05	1436.94	1521.67	1542.69	1550.79	1516.11	1464.31	1467.89	1406.51	1523.20	1499.83
M.SECA		1547.89	1586.84	1482.29	1498.98	1482.82	1566.36	1438.79	1523.44	1543.95	1553.60	1517.77	1465.65	1468.69	1408.51	1524.77	1500.17
10 MIN		1548.71	1587.10	1482.52	1499.51	1483.42	1566.86	1439.00	1524.08	1544.59	1554.12	1518.05	1466.14	1469.38	1409.09	1524.90	1500.95
30 MIN		1549.37	1587.78	1482.90	1500.87	1483.94	1567.15	1439.48	1524.52	1545.06	1554.39	1518.39	1466.52	1470.13	1409.35	1525.45	1501.21
1 HORA		1550.25	1588.15	1483.23	1501.14	1484.43	1567.74	1439.97	1525.28	1545.45	1554.82	1518.78	1466.83	1470.59	1409.71	1525.84	1501.94
2 HORAS		1551.16	1588.92	1483.73	1501.52	1485.52	1568.43	1440.42	1525.96	1546.01	1555.27	1519.09	1467.37	1471.14	1410.19	1526.12	1502.68
3 HORAS		1551.84	1589.27	1484.01	1501.99	1485.92	1568.76	1440.71	1526.41	1546.44	1555.58	1519.35	1467.69	1471.96	1410.49	1526.56	1503.16
4 HORAS		1552.32	1589.88	1484.30	1502.51	1486.74	1569.08	1440.92	1526.78	1547.34	1555.87	1519.51	1468.02	1472.58	1410.67	1526.89	1503.72
5 HORAS		1552.89	1590.12	1484.85	1503.84	1487.16	1569.25	1441.06	1527.05	1547.92	1556.07	1519.82	1468.79	1473.04	1410.72	1527.25	1504.13
6 HORAS		1553.31	1590.62	1485.38	1504.08	1487.68	1569.47	1441.68	1527.33	1548.42	1556.19	1520.35	1469.30	1473.53	1410.96	1527.64	1504.83
24 HORAS		1554.34	1591.56	1486.12	1505.48	1488.24	1570.90	1442.56	1529.31	1548.98	1557.19	1521.38	1470.58	1473.83	1411.78	1528.29	1505.12
48 HORAS		1554.89	1592.07	1486.98	1506.28	1488.86	1571.21	1443.64	1529.95	1549.55	1557.38	1522.03	1471.12	1474.08	1412.16	1528.76	1505.95
72 HORAS		1555.08	1592.86	1487.75	1507.45	1489.50	1572.22	1444.06	1530.89	1550.12	1557.78	1522.98	1472.70	1474.83	1412.84	1529.64	1506.61

Ing. Alberto Rubén Vásquez Díaz  
NOMBRE

  
FIRMA

Ilustración 51: Ensayo de Succión Capilar

 <b>ENSAYO DE PROFUNDIDAD DE PENETRACION POR AGUA BAJO PRESION UNE EN 12390-8</b>											
<b>Tesis:</b> Influencia de la adición de la ceniza de cascarilla de arroz en las propiedades mecánicas de un concreto hidráulico para un pavimento rígido, Trujillo 2020.											
<b>clase de exposicion ambiental:</b> IIIb (Armados o no)			<b>Fecha de ensayo:</b> 07-12-19								
<b>Solicitante:</b> Dávila Tantaleán, Jhorson Tirado Teatino, Jan Marco											
<b>características</b>	<b>Probeta</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>Z1</b>	<b>Z2</b>	<b>Prof. Media</b>		<b>Prof. Máxima</b>	<b>Conformidad</b>		
						<b>Tm(mm)</b>	<b>Zm (mm)</b>		<b>del Tm y Zm</b>		
Patron 0% CCA	cilíndrica	67	77	80.8	81	72.2	74	70	77.5	Tm= No cumple Zm= No cumple	
		67	69	81.2	74						
5%CCA	cilíndrica	89	85	120.81	130	125.5	132	87.5	131	Tm= No cumple Zm= No cumple	
		89	87	130.25	132.1						
10%CCA	cilíndrica	100	89	129.4	129	122.5	136	99	132.5	Tm= No cumple Zm= No cumple	
		78	109	120.4	135.9						
15%CCA	cilíndrica	67	57	72.5	73	69.8	78	61.5	75.5	Tm= No cumple Zm= No cumple	
		54	69	65.8	78.3						



Ing. Alberto Rubén Vásquez Díaz

Ilustración 52: Ensayo de Profundidad de Penetración

ENSAYO DE PROFUNDIDAD DE PENETRACION POR AGUA BAJO PRESION UNE EN 12390-8



*(Handwritten signature)*

Ing. Alberto Rubén Vásquez Díaz

Ilustración 53: Grafico de Profundidad de Penetración